VORLESUNGEN

ÜBER

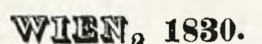
ASTRONOMIE.

VON

J. J. LITTROW,

DIRECTOR DER STERNWARTE, Ö. UND O. PROFESSOR DER ASTRONOMIE AN DER K. K. UNIVERSITÄT IN WIEN, RITTER DES KAISERLICH-RUSSISCHEN ST. ANNEN-ORDENS DER ZWEYTEN CLASSE, MITGLIED DER K. K. LANDWIRTHSCHAFTS-GESELLSCHAFT IN WIEN, DER ATSRONOMISCHEN GESELLSCHAFT IN LONDON, DER ACADEMIEN DER WISSENSCHAFTEN IN PRAG, PETERSBURG, KRAKAU, PALERMO, EHREN-MITGLIED DER KAISERLICHEN UNIVERSITÄT IN KASAN, ETC.

ZWEYTER THEIL.


WIEN, 1830.

VERLAG VON J. G. HEUBNER.

GEDRUCKT
BEY ANTON STRAUSS'S SEL. WITWE.

INHALT

DES ZWEYTEN BANDES.

DRITTE ABTHEILUNG.

Topographie des Sonnensystems.

Vorlesung I.

Jupiter.

Saturn.

Uranus.

Vorlesung II.

Grösse und Gestalt der Erde.

Vorlesung III.

Der Mond.

Vorlesung IV.

Satelliten Jupiters.

Vorlesung V.

Satelliten Saturns und Uranus, und Ring Saturns.

Vorlesung VI.

Kometen.

Vorlesung VII.

Störungen der Planeten.

Vorlesung VIII.

Fixsterne.

Vorlesung IX.

Ursprung des Weltsystems.

Vorlesung X.

Dauer des Weltsystems.

VIERTE ABTHEILUNG.

Instrumente.

ASTRONOMISCHE TAFELN.

DRITTE ABTHEILUNG.

Topographie des Sonnensystems.

Vorlesung I.

Planeten.

Unter den Himmelskörpern, welche sich um unsere Sonne bewegen, gibt es, so viel bisher bekannt, eilf, die sich durch ihre runde, scharf begrenzte Gestalt und durch die geringe Excentricität ihrer elliptischen Bahnen, so wie durch die kleine Neigung der Ebene ihrer Bahnen gegen die Ecliptik auszeichnen, und die unter dem Namen der Planeten bekannt sind. Alle übrigen Körper, die sich in meistens sehr excentrischen Bahnen und unter allen Neigungen um die Sonne bewegen, und deren Anzahl noch nicht bekannt, aber gewiss sehr gross ist, heissen Kometen.

Die Namen und Zeichen der Planeten sind in der Ordnung, wie sie von der Sonne weiter entfernt sind,

Mercur	☿
Venus	♀
Erde	♁
Mars	♂
Vesta	⚶
Juno	⚵
Ceres	⚳
Pallas	⚴
Jupiter	♃
Saturn	♄
Uranus	⛢

Ehe wir das Vorzüglichste von den an diesen Himmelskörpern bisher entdeckten Eigenschaften mittheilen, wollen wir die elliptischen Elemente (I. S 127) derselben voraus-

schicken, deren Kenntniss zur Bestimmung der heliocentrischen sowohl als der geocentrischen Orte (I. S. 114) dieser Körper nothwendig ist. Diese Elemente sind, die Jupitersmasse und die vier neuen Planeten Juno, Ceres, Pallas und Vesta ausgenommen, aus Laplace's Expos. du syst. du monde V. Ausg. genommen. und die Epochen der mittleren Längen der Planeten selbst, so wie ihrer Knoten und Perihelien beziehen sich auf den mittleren Pariser Mittag des o. Jänner 1801 (oder des 31. December 1800). Das Zeichen — bey den Knoten bedeutet eine rückgängige Bewegung von Ost gen West, und bey den Excentricitäten und den Neigungen eine Abnahme dieser Grösse. Die tropischen Bewegungen (I. S. 73) erhält man aus den siderischen, wenn man zu der letzten die Präcession addirt, also 50″.21129 in $365\frac{1}{4}$ Tagen (I. S. 69) oder 0″.137471 in einem Tage und 5021″.129 in 100 Julianischen Jahren.

	Siderische Umlaufszeiten	Mittlere Länge 1801	Mittlere tägliche Bewegung		Mittlere tropische Bewegung in 365 Tagen
			siderisch	tropisch	
	Tage				
☿	87.9692580	161° 53′ 41″	14732″.419357	14732″.556828	53° 43′ 3″.2423
♀	224.7007869	9 56 31	5767 .669103	5767 .806574	224 47 29 .3996
♁	365.2563835	99 39 39	3548 .192608	3548 .330079	359 45 40 .4789
♂	686.9796458	63 51 19	1886 .518850	1886 . 656321	191 17 9 .5571
♃	4332.5848212	112 10 6	299 .127800	299 . 265271	30 20 31 .8238
♄	10759.2198174	135 19 31	120 .457629	120 .595100	12 13 37 .2116
♅	30686.8208296	177 46 56	42 .230510	42 .367981	4 17 44 .3132

	Halbe grosse Axe der Bahn	Excentricit. Halbe grosse Axe = 1 1801	Säculäre Änderung der Excentricität	Länge des aufst. Knotens in der Eclipt. 1801	Säculäre Bewegung der Knoten		Neigung gegen die Ecliptik 1801	Säculäre Änderung der Neigung
					siderische	tropische		
☿	0.3870981	0.2055149	0.00000387	45° 57′ 31″	— 782″.269	4238″.86	7 0 9	18″.28
♀	0.7233316	0.0068607	— 0.00006271	74 54 13	—1869 .801	3151 .33	3 23 28	— 4 .55
♁	1.0000000	0.0167934	— 0.00004163	0 0 0	....	....	....	......
♂	1.5236923	0.0933070	0.00009018	48 0 3	—2328 .463	2692 .67	1 51 6	— 0 .15
♃	5.2027760	0.0481621	0.00015935	98 26 19	—1577 .569	3443 .56	1 18 51	— 22 .61
♄	9.5387861	0.0561505	— 0.00031240	111 56 37	—2266 .461	2754 .67	2 29 36	— 15 .51
⛢	19.1823900	0.0466108	— 0.00002507	72 59 35	—3597 .958	1423 .17	0 46 28	3 .13

	Länge des Perihels 1801	Säculäre Bewegung des Perihels		Massen	Scheinb. Durchmesser in der mittl. Entf. d. ☉ von ♁	Wahrer Durchmesser	Rotation
		siderisch	tropisch				Tag
☿	74° 21′ 45″	583″.56	5604″.69	$\frac{1}{2025810}$	6″.6	0.384	1. 00
♀	128 43 53	— 267 .83	4753 .30	$\frac{1}{405871}$	16 .5	0.959	0. 90
♁	99 30 5	1179 .81	6200 .94	$\frac{1}{354936}$	17 .2	1.000	0.997
♂	332 23 57	1582 .43	6603 .56	$\frac{1}{2546320}$	8 .9	0.517	1.027
♃	11 8 34	663 .86	5685 .00	$\frac{1}{1054}$	186 .8	10.860	0.414
♄	89 9 30	1937 .07	6958 .20	$\frac{1}{3512}$	171 .7	9.982	0.428
♅	167 32 6	239 .33	5260 .46	$\frac{1}{17918}$	74 .5	4.331	.....
			Sonne ☉	1	1921 .1	111. 74	25. 50

Die Elemente der vier neuen Planeten erwarten noch beträchtliche Verbesserungen durch künftige Beobachtungen sowohl, als auch durch die genauere Berechnung der Störungen, welche sie von Jupiter, Mars und Saturn erleiden. Werden diese Störungen Jupiters, als die vorzüglichsten, an den Elementen selbst angebracht, so erhält man (Astr. Jahrb. 1831) für den mittleren Mittag Berlins am 23. July 1831.

	Mittlere Länge	Mittlere Anomalie	Länge des Perihels	Länge des aufst. Knotens	Neigung	Excentricitätswinkel φ=Arc Sin e	Mittlere tägliche siderische Bewegung	Logar. der halben grossen Axe
Vesta	84° 47′ 3″	195° 35′ 26″	249° 11′ 37″	103° 20′ 28″	7° 7 57″	5°: 4′ 51″	977.75540	0.373185
Juno	74 39 44	20 22 31	54 17 13	170 52 34	13 2 10	14 48 24	813.52533	0.426424
Pallas	290 38 12	169 33 11	121 5 0	172 38 30	34 35 49	14 0 16	768.54421	0.442892
Ceres	307 3 26	159 22 2	147 41 23	80 53 50	10 36 56	4 24 4	769.26059	0.442622

Nimmt man, den neueren Untersuchungen gemäss, die halbe grosse Axe der Erde oder den Halbmesser ihres Äquators $a = 3271691$ und die halbe Rotationsaxe $b = 3260964$ Toisen an, so hat man für die Abplattung der sphäroidischen Erde $\frac{a-b}{b} = \frac{1}{304}$. Der Halbmesser eines Kreises, der mit dem elliptischen Meridian der Erde gleichen Umfang hat, wird gleich 3266330, und der Halbmesser R einer Kugel, welche mit der sphäroidischen Erde, deren halbe Axen a und b die eben gegebenen Werthe haben, einerley körperlichen Inhalt hat, wird $R = \sqrt[3]{a^2 b} = 3268111$ Toisen haben. Nimmt man daher die Erde als eine Kugel an, deren Halbmesser gleich $R = 3268111$ Toisen beträgt, so ist die Länge der Peripherie eines grössten Kreises dieser Kugel gleich 20534143 Toisen, also deren 5400ster Theil oder die deutsche geographische Meile gleich 3802.6191 Toisen, und daher auch der Halbmesser jener Kugel oder $R = 859.4366$ geographischen Meilen.

Nach den neuesten Untersuchungen der beyden Venusdurchgänge von 1761 und 1769 von Encke ist die mittlere Äq. Horiz. Parallaxe der Sonne 8″.578, also auch die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde gleich

$$\frac{859.4366}{\sin 8''.578} = 206.65838$$

geographischen Meilen.

Noch hat man

Meter	= 0.513074 Toisen = 3.078444 Par. Fuss
Engl. Fuss	= 0.9381944 Pariser Fuss
Rheinl. Fuss	= 0.9661806 „ „
Wiener Fuss	= 0.9731250 „ „

Die hier angeführte Toise von 6 Pariser Fuss ist die sogenannte eiserne Toise de Pérou bey einer Temperatur von + 13° Réaumur, welche Bouguer bey seinen Meridianvermessungen in Peru brauchte, und deren Etalon in Paris aufbewahrt wird.

Ist für einen Planeten r der Durchmesser, m die Masse, d die Dichte und g der Raum, welchen frey fallende Körper auf der Oberfläche des Planeten in der ersten Secunde

zurück legen, und bezeichnet man für einen andern Planeten dieselbe Grössen durch r′, m′, d′ und g′, so hat man

$$\frac{d'}{d} = \frac{m' r^3}{m r'^3} \text{ und } \frac{g'}{g} = \frac{m' r^2}{m r'^2} = \frac{d' r'}{d r}.$$

Für die Erde ist g = 15.113 Pariser Fuss und nach der vorhergehenden Tafel d = r = 1. Also ist z. B. für die Sonne

$$d' = \frac{354936}{(111 \cdot 74)^3} = 0.2544 \text{ und}$$

$$g' = (15.113)\ (0.2544)\ (111.74) = 429.62,$$

oder die Dichte der Sonne ist nur der 0.25. Theil der Dichte der Erde und auf der Oberfläche der Sonne fallen die Körper in der ersten Secunde durch 430 Pariser Fuss. Die mittlere Dichte unserer Erde ist = 4.5 der Dichte des Regenwassers, und eben so verhalten sich auch die specifischen Gewichte dieser beyden Körper. Der Wienerkubikfuss Regenwasser endlich wiegt 56.5 Wiener Pfunde.

Das Vorhergehende reicht hin, die Entfernungen der Planeten von der Sonne und die Excentricität ihrer Bahnen, so wie die Oberflächen, den körperlichen Inhalt u.f. in geographischen Meilen oder in Toisen auszudrücken. — Wir wollen nun zu den einzelnen dieser Körper übergehen, und das Vorzüglichste von dem anführen, was uns die Beobachtungen kennen gelehrt haben.

Sonne.

Die Sonne ist der Centralkörper unsers Planetensystems, die Ursache der Bewegung der Planeten, die Quelle des Lichts und der Wärme, und dadurch auch des Lebens aller organischen Wesen. Diese Herrschaft in der rein monarchischen Einrichtung ihres Staates verdankt sie sich selbst, ihrer präponderirenden Masse, die über 300000 Mahl grösser als die der Erde, und selbst noch 800 Mahl grösser, als die Masse aller Planeten zusammen genommen ist. Da ihre mittlere Entfernung von der Erde 20 665838 geographische Meilen und ihr scheinbarer Durchmesser 1921.″1 ist, so ist ihr wahrer Halbmesser gleich $\frac{20\ 665838}{2} \text{Sin} \frac{1921''}{2} = 96238$ Meilen, ihre Oberfläche gleich 116380 Millionen Quadratmeilen,

und ihr Körperinhalt gleich 3734 Billionen Kubikmeilen. Aus der Sonne lassen sich daher über eine Million der Erde, und über 25000 Millionen der Vesta gleiche Kugeln bilden, und ein grösster Kreis ihrer Oberfläche ist nahe doppelt so gross, als die Bahn des Mondes um unsere Erde. — Ihre Entfernung von der Erde von 20 665838 Meilen würde von einer Kanonenkugel, die in jeder Secunde 1500 Fuss durchläuft, erst in zehn Jahren zurückgelegt werden, während das Licht in 0.137 Stunden von ihr zu uns kömmt.

Diese grosse Entfernung wird uns eine nähere Kenntniss der Oberfläche der Sonne sehr schwer machen. Nach den Flecken, die sie zuweilen bedecken, scheint sie ein dunkler, mit einem Lichtmeere, Photosphäre, umflossener Körper zu seyn. Nach Herschel soll die Höhe dieser Photosphäre über der Oberfläche des dunklen Sonnenkörpers gegen 500 Meilen betragen. Diese Flecken erscheinen immer nur in der Nähe des Sonnenäquators, und zwar zuerst an dem östlichen Rande der Sonne, von welchem sie sich mit nahe gleicher Geschwindigkeit und in unter sich parallelen Richtungen gegen West bewegen. Sie bestehen meistens aus einem schwarzen Kern mit einer aschgrauen Einfassung umgeben, und in ihrer Nähe sowohl als auch an den Stellen, wo diese Flecken oft mitten in der Sonne aus einander fliessen, und verschwinden, entstehen gewöhnlich F a c k e l n oder solche Stellen, die sich durch ihr helleres Licht von dem übrigen Sonnenboden unterscheiden. Man hat Flecken beobachtet, die unsere Erde achtmahl an Grösse übertreffen. Im May und November erscheinen die Bahnen dieser Flecken als gerade Linien, im August haben sie ihre stärkste Krümmung gegen Nord und im Februar gegen Süd. Ihre regelmässige Bewegung und die Erscheinung, dass sie immer schmäler werden, je näher sie dem Rande der Sonne kommen, zeigt uns, dass diese Flecken der Oberfläche der Sonne selbst angehören und wahrscheinlich Öffnungen ihrer Photosphäre sind, durch welche wir den inneren dunklen Körper der Sonne erblicken. Man hat daraus die Umdrehungszeit der Sonne von 25.5 Tagen von West gegen Ost und die Lage ihres Äquators geschlossen, dessen Neigung gegen die Ecliptik 7° 15′, während die Länge seines aufsteigenden Knotens

257° 50′ beträgt. Eine genaue Bestimmung dieser Grössen ist schwer, da die Flecken während ihrer Sichtbarkeit oft ihre Gestalt und selbst ihren Ort auf der Oberfläche der Sonne verändern. Übrigens sieht man durch gute Fernröhre die Oberfläche der Sonne nie ganz glatt, sondern mit Erhöhungen, Vertiefungen, Adern und Schuppen bedeckt.

Ausser dieser Rotation um ihre Axe ist die Sonne noch zwey anderen Bewegungen unterworfen. So wie sie nämlich durch ihre Anziehung die Bewegung der Planeten verursacht, so wird auch die Anziehung eines jeden dieser Planeten wieder rückwärts auf die Sonne wirken, und dadurch den Mittelpunct der Sonne in einer Ellipse in Bewegung setzen, deren Umfang aber gegen den Umfang der von den Planeten beschriebenen Ellipse sich wie die Masse des Planeten zu der Masse der Sonne verhalten, also ungemein klein seyn wird. Da dasselbe von allen anderen Planeten gilt, so wird die Bahn des Mittelpuncts der Sonne eine sehr verwickelte krumme Linie seyn, deren Berechnung aber für uns unnöthig ist, da die Astronomen nicht die absoluten Bahnen der Planeten im Raume, sondern nur ihre relativen in Beziehung auf die Sonne betrachten. Da ferner die Rotation der Sonne, deren Existenz durch die Beobachtungen ausser Zweifel gesetzt wird, ihre Ursache nur in einem ursprünglichen Stosse haben kann, dessen Richtung nicht durch den Mittelpunct der Sonne ging, und da ein Stoss, der eine drehende Bewegung erzeigt, auch zugleich eine fortschreitende Bewegung hervorbringen muss, so wird auch die Sonne und mit ihr zugleich das ganze Planetensystem ihren Ort in dem Himmelsraume ändern. Um welchen anderen Centralkörper diese Bewegung unseres Systems Statt habe, und welches die Richtung und die Geschwindigkeit dieser Bewegung sey, ist bisher noch unentschieden. Herschel zog aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass diese Bewegung gegen das Sternbild des Herkules gerichtet sey, allein genauere Untersuchungen haben diese Meinung nicht bestätiget.

Mercur.

Dieser kleinste der älteren Planeten wird immer nur in der Nähe der Sonne gesehen, von der er sich nicht über 29 Grade entfernt. In seiner oberen Conjunction mit der Sonne, wo die Sonne zwischen ihm und der Erde steht, ist er von der Erde am weitesten entfernt, daher sein scheinbarer Durchmesser am kleinsten (4″.0) und ganz beleuchtet. Dann entfernt er sich als Abendstern, nach Untergang der Sonne am westlichen Himmel stehend, mit abnehmender Bewegung seiner geocentrischen Länge, östlich von der Sonne, bis er endlich seine grösste östliche Elongation von der Sonne erreicht. Nach dieser Elongation fängt er an sich der Sonne zu nähern, und seine, immer noch östliche Bewegung wird noch langsamer, bis er endlich einige Zeit unter den Fixsternen ganz stille zu stehen scheint. Nach diesem Stillstande nimmt er eine retrograde oder westliche Bewegung an, in welcher er sich der Sonne noch weiter nähert, bis er endlich in der untern Conjunction, zwischen der Erde und der Sonne, der Erde am nächsten steht. Seine anfangs ganz beleuchtete Scheibe verliert während dieser Zeit immer mehr und mehr von ihrem Lichte und zwar auf der östlichen Seite, bis in der unteren Conjunction die ganze Scheibe unbeleuchtet, und ihr Durchmesser zugleich am grössten (12″.0) ist. Nach dieser unteren Conjunction tritt er, als Morgenstern, auf die Westseite der Sonne mit allmählig abnehmender westlichen Bewegung und mit immer mehr beleuchtetem östlichen Rande, bis er endlich wieder ganz unter den Fixsternen still zu stehen scheint, und gleich darauf eine immer zunehmende directe oder östliche Bewegung erhält, in welcher er sich noch immer von der Sonne entfernt, bis er in seine grösste westliche Digression kömmt, nach welcher er sich, mit noch zunehmender östlicher Bewegung, wieder der Sonne nähert, bis er endlich wieder in die obere Conjunction tritt, und dieselbe Periode seiner abwechselnden Erscheinungen von neuem beginnt. Wegen der ungleichen Entfernung der Sonne von der Erde, und wegen der beträchtlichen Excentricität der Mercursbahn sind

die grössten Elongationen dieses Planeten von der Sonne ebenfalls verschieden, und zwischen den Grenzen von 29° und 16° eingeschlossen. Der Bogen, welchen er vor und nach seiner untern Conjunction in retrograder Bewegung zurücklegt, ist im Mittel 13 Grade, und die Zeit, welche er dazu verwendet, beträgt 23 Tage. Ist a der Halbmesser der Mercursbahn, l und L die heliocentrische Länge Mercurs und der Erde, λ die geocentrische Länge Mercurs, so hat man, wenn man die Bahn des Planeten kreisförmig und in der Ebene der Ecliptik voraussetzt, für den Ort des Stillstandes

$$\operatorname{tg}(\lambda - L) = \frac{a}{\sqrt{1+a}},$$

und für den Ort der grössten Elongation

$$\operatorname{Sin}(\lambda - L) = a,$$

welche Gleichungen also die Entfernung des Planeten von der Sonne, oder den Werth von λ — L für den Stillstand und für die grösste Elongation geben.

Zuweilen erblickt man Mercur zur Zeit seiner unteren Conjunction vor der Sonnenscheibe in der Gestalt eines dunklen, runden Fleckens. Diese Vorübergänge Mercurs ereignen sich nur dann, wenn der Planet in seiner unteren Conjunction von seinem Knoten weniger als 3.°5 entfernt ist, was in unserem Jahrhunderte nur in den Monaten April und October möglich ist. Die nächstkünftigen werden 1835 im October, 1845 im April, 1848 im October und 1861 im October Statt haben. Diese Durchgänge kommen in bestimmten Perioden von 6, 7, 13, oder genauer von 263 Jahren wieder, und sie sind jetzt den Astronomen bloss als Mittel zur Verbesserung der Elemente der Bahn dieses Planeten brauchbar.

Ist m = 0.°0000383 die tägliche Präcession der Äquinoctien, und n = 0.°98565 die tägliche mittlere Bewegung der Sonne, und A die siderische Revolution in Beziehung auf die Fixsterne, B die tropische in Beziehung auf die Nachtgleichen und C die synodische in Beziehung auf die Sonne, so ist

$$B = \frac{360\,A}{360 + m\,A} \text{ und } C = \frac{360\,A}{360 - n\,A}.$$

Für Mercur ist $A = 87.^T9693$, also auch

$$B = 87.^T9685 \text{ und } C = 115.^T8801.$$

Seine Entfernung von der Sonne ist wegen der grossen Excentricität seiner Bahn sehr verschieden, und in den Grenzen von 7 bis 10 Millionen geographischer Meilen eingeschlossen. Seine Entfernung von der Erde aber ist, die kleinste 10 und die grösste 30 Millionen Meilen. Der Durchmesser desselben beträgt 660 Meilen. Die mittlere Geschwindigkeit seiner Bewegung um die Sonne in einer Secunde ist 6.7 Meilen; der Fall der Körper auf seiner Oberfläche in der ersten Secunde 14.1 Pariser Fuss, und seine Dichte gegen die der Erde 3.6. Die Zeit seiner Rotation beträgt 1.003 Tage, und sie hat, wie bey allen anderen Planeten, die Richtung von West gegen Ost. Die Neigung des Äquators gegen die Bahn Mercurs ist 20 Grade, daher der Unterschied der Tages- und Jahreszeiten dieses Planeten nahe derselbe mit denen der Erde seyn mag. Schröter bemerkte auf denselben grosse Bergreihen von 40^M Breite und 80^M Länge, und die höchsten dieser Gebirge, die sich, wie bey allen Planeten, in der südlichen Hemisphäre finden, haben eine Höhe von $2.^M6$, sind also im Verhältniss des Halbmessers Mercurs zum Halbmesser der Erde, nahe achtmahl grösser als unsere höchsten Berge.

V e n u s.

Dieser Planet biethet dieselben Erscheinungen seines Vor- und Rückwärtsgehens und dieselben Abwechslungen seiner Phasen dar, welche wir bey dem Mercur beobachtet haben. Ihre grössten Elongationen variiren von 45 bis 47.7 Graden. Ihr Stillstand hat Statt, wenn sie sich Abends der Sonne nähert, oder Morgens von ihr entfernt und von der Sonne nahe 30 Graden absteht. Der Bogen ihrer Retrogradation beträgt 16 Grade und die Dauer derselben im Mittel

42 Tage. Wenn zur Zeit der unteren Conjunction der Venus ihre Distanz vom Knoten unter $1^{0}.8$ ist, so geht sie für uns durch die Sonne, eine Erscheinung, die, wie Halley zuerst bemerkte, zur Bestimmung der Sonnenparallaxe oder der Entfernung der Sonne von der Erde sehr geeignet ist (I. S 277). Diese Durchgänge fallen in die Monate Junius und December. Die zwey letzten waren die von 1761 den 5. Junius und 1769 den 3. Junius, und die nächstfolgenden werden in den Jahren 1874, 1882 im December, 2004 und 2012 im Junius sichtbar seyn. Ihre Perioden haben 8 oder 105 oder 122 Jahre. Ihre tropische Revolution ist $224.^{T}673$ und die synodische $583.^{T}988$. Ihre Entfernung von der Sonne variirt von 7.4 bis 9.7 Millionen Meilen, und von der Erde von 5.1 bis 35 Millionen Meilen, daher ihr scheinbarer Durchmesser von 10″ bis 66″ veränderlich ist. Ihr wahrer Durchmesser hat 1680^{M}, ihre Oberfläche 8 Millionen Quadrat-, und ihr Inhalt 2280 Millionen Kubikmeilen. Die mittlere Geschwindigkeit ihrer Bewegung um die Sonne beträgt 4.9 Meilen, und der Fall der Körper auf ihre Oberfläche in der ersten Secunde 15.87 Pariser Fuss. Die Dichte der Venus ist 1.07 von jener der Erde. Die Dauer ihrer Rotation ist 0.9 Tage, und die Neigung des Äquators gegen die Bahn soll nach Schröter 72 Grade, also dreymahl grösser als unsere Schiefe der Ecliptik seyn, daher auf diesem Planeten Klima und Jahreszeiten sehr von denen der Erde verschieden seyn werden.

Man erkennt diesen Planeten an seinem blendenden und hellweissen Lichte, welches ihn oft selbst am Tage sichtbar macht. Am hellsten erscheint Venus, wenn sie, nahe 70 Tage vor oder nach ihrer unteren Conjunction, die Elongation von 39.°7 von der Sonne erreicht, obgleich dann ihr Durchmesser nur 38″ hat, und ihre uns zugewendete Scheibe nur nahe halb beleuchtet ist.

Schröter bemerkte auf der Oberfläche der Venus gegen hundert Meilen lange Ketten von Bergen, deren einige die erstaunliche Höhe von sieben Meilen haben. Die von ihm beobachtete starke Dämmerung oder der nur sehr langsame Untergang der beleuchteten Seite in die dunkle zeugt von einer hohen und dichten Atmosphäre. Da diese dunkle Seite, besonders in der Nähe der unteren Conjunction, nie ganz

unsichtbar ist, so scheint die Oberfläche des Planeten ein ihr eigenes schwaches phosphorescirendes Licht zu haben. Mehrere Astronomen wollten einen Mond oder einen Satelliten um die Venus gesehen haben, was wohl eine blosse optische Täuschung war, da er selbst bey den Durchgängen des Jahres 1761 und 1769, wo er kaum übersehen werden konnte, nicht gefunden wurde.

Mars.

Er ist der der Sonne nächste Planet von denen, deren Bahnen jene der Erde einschliessen, daher diese, oder die oberen Planeten, ihre Elongationen von der Sonne von 0 bis 360 ändern können, während die zwey vorhergehenden, oder die unteren Planeten, nur immer in der Nachbarschaft der Sonne gesehen werden. Mars bewegt sich, wie alle übrigen Planeten, von West gegen Ost um die Sonne, aber von der Erde gesehen, steht er in den beyden Puncten, wo seine Elongation von der Sonne 137 Grade beträgt, stille, und hat zwischen diesen beyden, die Opposition einschliessenden Puncten, eine retrograde Bewegung. Der Bogen seines Rückgangs beträgt 16 Grade und die dazu verwendete Zeit 63 Tage. Seine Entfernung von der Sonne variirt von 29 bis 35 und die von der Erde von 7 bis 54 Millionen Meilen, daher auch sein scheinbarer Durchmesser von 3."4 bis 27."2 wachsen kann. Der wahre Durchmesser des Mars hat 1000^{M}, die Oberfläche 3 Millionen Quadrat-, und der Inhalt 467 Millionen Kubikmeilen. Er bewegt sich in einer Secunde durch 3.4 Meilen; der Fall der Körper auf seiner Oberfläche beträgt 6.3 Pariser Fuss; seine Dichte ist 0.7 von der der Erde, und die Zeit seiner Rotation beträgt 1.027 Tage, so wie die Schiefe seiner Ecliptik 28.°7. Die tropische Revolution des Mars ist $686.^{T}929$ und die synodische $779.^{T}816$. Mit Hülfe guter Fernröhre bemerkt man noch seine Phasen, die in der Elongation von 90° von der Sonne am grössten und nahe von der Gestalt des Mondes drey Tage vor oder nach dem Vollmonde sind. Auch die Abplattung an seinen beyden Polen wird bemerkt, die nach Herschel sogar den 16ten, nach Arago aber

nur den 300sten Theil seines Durchmessers betragen soll. Aus den dunklen, wolkenartigen Flecken, die man auf seiner Oberfläche erblickt, die ihre Gestalt, Grösse und Farbe oft schnell ändern, und mit einer Geschwindigkeit von 50 bis 100 Fuss in einer Secunde sich bewegen, lässt sich auf eine sehr dichte, und von heftigen Stürmen bewegte Atmosphäre schliessen, so wie man auch Spuren von hohen Gebirgen auf ihm entdeckt hat. Unter diesen Flecken sind besonders die zwey grossen hellweissen merkwürdig, welche abwechselnd die beyden Polargegenden dieses Planeten zu der Zeit bedecken, wo jene Gegend ihren Winter hat, und im Sommer wieder verschwinden. Diesem Planeten verdanken wir überdiess die erste genäherte Kenntniss der Sonnenparallaxe durch die Anwendung der (I. S. 275) gegebenen Methode durch Lacaille und Lalande, und endlich die Kenntniss der (I. S. 54) angeführten und für alle Folgezeiten merkwürdigen Entdeckungen Keplers.

Die vier neuen Planeten.

Ceres wurde am 1. Januar 1801 von Piazzi; Pallas am 28. März 1802 von Olbers; Juno am 1. September 1804 von Harding, und Vesta am 29. März 1807 von Olbers entdeckt. Wahrscheinlich gibt es in dem grossen Zwischenraume, der die Bahn Jupiters von der des Mars trennt, noch mehrere dieser Asteroiden, deren Entdeckung unseren Nachfolgern aufbewahrt seyn mag.

Ihre kleinsten und grössten Entfernungen von der Sonne und von der Erde in Millionen geographischer Meilen und ihre Umlaufszeiten sind.

	Entfernungen		Umlaufszeiten	
	von der Sonne	von der Erde	tropische	synodische
Vesta	45 und 54	23 und 72	1326.^{T}369	503.^{T}990
Juno	42 .. 70	19 .. 88	1594. 666	473. 704
Ceres	53 .. 62	31 .. 81	1681. 102	466. 579
Pallas	44 .. 72	21 .. 90	1686. 636	466. 155

Diese vier Planeten unterscheiden sich von allen übrigen in mehreren Beziehungen. Ihre Bahnen haben nahe die

selbe Grösse, sind aber so gegen einander geneigt, dass diese Planeten, ohne sich zu begegnen, ihren Lauf um die Sonne vollenden können. Die Neigungen dieser Bahnen gegen die Ecliptik sind gross, bey der Juno 13 und bey der Pallas sogar über 34 Grade. Eben so ungewöhnlich gross sind ihre Excentricitäten, die bey der Juno und Pallas den vierten Theil ihrer halben grossen Axen betragen, und wodurch diese Körper mehr den Kometen, als den Planeten ähnlich zu werden scheinen. Ihrer sehr geringen Grösse wegen erscheinen sie uns nur als Gestirne zwischen der 7ten und 12ten Grösse. Die wahren Durchmesser derselben sind schwer durch Beobachtungen zu bestimmen. Nach Schröter soll der Durchmesser der Vesta, der kleinsten dieser Asteroiden, nur 58 geographische Meilen betragen, also ihr körperlicher Inhalt in dem unserer Erde 25000 mahl, und selbst in dem unseres Mondes noch 540 mahl enthalten seyn. Dieses kleinen Durchmessers ungeachtet erscheinen jene Körper, besonders Vesta, sehr hell beleuchtet, was eine besondere Eigenschaft ihrer Oberflächen oder auch ein eigenes Licht derselben vermuthen lässt.

Die auffallenden Farbenwechsel der Ceres in Roth, Blau und Weiss, und die dichten, nebeligen Einfassungen, welche diese Planeten, besonders Ceres und Pallas, oft umgeben, während sie wieder zu anderen Zeiten in dem reinsten Lichte strahlen, deuten auf bedeutende Atmosphären dieser Körper, in denen sehr grosse Revolutionen vor sich gehen. Die beynahe gleich grossen Axen der Bahnen dieser Körper scheinen auf einen gemeinschaftlichen Ursprung derselben zu führen, und vielleicht sind sie die Trümmer eines grössern, durch irgend eine Kraft in mehrere Theile getrennten Planeten. Ihre grossen Excentricitäten und Neigungen fordern uns zur Vervollkommnung der Theorie der planetarischen Störungen auf, so wie die grossen Einwirkungen, welche sie von Jupiter und Saturn erfahren, uns die Massen dieser beyden grossen Himmelskörper mit einer bisher noch nicht erreichten Genauigkeit kennen lehren werden.

Jupiter.

Dieser grösste aller Planeten hat eine Entfernung von der Sonne von 103 bis 114, und von der Erde von 79 bis 130 Millionen Meilen. In der Elongation von 115" zu beyden Seiten der Opposition scheint er, von der Erde gesehen, still zu stehen, und zwischen diesen beyden Puncten legt er in retrograder Bewegung einen Bogen von 10° in 121 Tagen zurück. Die tropische Revolution Jupiters ist 4330.^{T}594 oder 11.9 Jahre, und die synodische 398.^{T}853 oder 1.09 Jahre. Der Durchmesser Jupiters hat 18900 Meilen, seine Fläche 1124 Millionen Quadrat-, und sein Inhalt $3\frac{1}{2}$ Billionen Cubikmeilen, so dass sein Inhalt den der Erde 1330 mahl, und den der Vesta 33 Millionenmahl in sich enthält. Der Fall der Körper auf seiner Oberfläche beträgt 38.8 Pariser Fuss und seine Dichte ist der vierte Theil von jener der Erde. In seiner mittleren Bewegung um die Sonne legt er 1.7 Meilen in einer Secunde zurück. Seine Rotation vollendet er in der sehr kurzen Zeit von 0.43 Tagen, und die Schiefe seiner Ecliptik beträgt nur 3.092 Grade. Daher wird der Unterschied der Jahreszeiten auf diesem Planeten für denselben Ort seiner Oberfläche nur unbeträchtlich, aber dafür der Wechsel des Klimas für die von dem Äquator verschieden entfernten Orte desto merklicher seyn, so wie die Bestimmung der Zeit und der Rectascensionen der Gestirne auf diesem Planeten viel genauer seyn wird, als auf unserer Erde. Diese schnelle Rotation, durch welche ein Punct seines Äquators in einer Minute nahe 100 geographische Meilen, also 27 mahl mehr als ein Punct des Erdäquators zurück legt, hat eine sehr starke Abplattung dieses Planeten zur Folge. Nach Struve's Messungen beträgt in der mittleren Entfernung (5.20279) Jupiters von der Erde, der Äquatorialhalbmesser $a = 19''.163$, und der Polarhalbmesser $b = 17.''769$, also die Abplattung $\frac{a-b}{b} = 0.073 = \frac{1}{13.71}$. Man erkennt diesen Planeten leicht an seinem lebhaften, hellgelben Lichte und an der Grösse seines scheinbaren Durchmessers, der von 30" bis 49" wächst. Da er in einem Jahre nur nahe 12

Grade zurücklegt, so ist er, einmahl erkannt, immer wieder leicht unter den übrigen Gestirnen des Himmels zu finden.

Man sieht auf seiner Oberfläche in der Nähe seines Mittelpunctes, vier, seinem Äquator parallele, dunkle Zonen, vielleicht die Folgen der oben bemerkten grossen Verschiedenheit der Klimate, und überdiess näher an den beyden Polen viele kleinere Streifen und Flecken, die besonders an ihren Grenzen, grossen Änderungen unterworfen sind, und die wahrscheinlich der Atmosphäre dieses Planeten angehören, obschon sie eine viel grössere Dichte, als unsere Wolken, zu haben scheinen. Schröter hat Ortsveränderungen an diesen Flecken bemerkt, deren Geschwindigkeit eine halbe Meile in einer Secunde betrug, und daher die unserer heftigsten Winde weit übertrifft.

Saturn.

Dieser Planet vollendet seinen Umlauf um die Sonne in Beziehung auf die Nachtgleichen in 10746.964 Tagen oder in 29.4 Jahren, während die Zeit zwischen zwey nächsten Oppositionen mit der mittleren Sonne oder die Zeit seiner synodischen Revolution nur 378.064 Tage beträgt. Zu beyden Seiten der Opposition, in der Elongation von 109 Graden von der Sonne, scheint er unter den Fixsternen stille zu stehen, und zwischen diesen beyden Puncten in retrograder Bewegung einen Bogen von 6 Graden in 139 Tagen zurückzulegen. Seine Entfernung von der Sonne beträgt 188 und 210, und von der Erde 161 und 223 Millionen Meilen. Sein Durchmesser hat 16290 Meilen, die Oberfläche 883 Millionen Quadrat- und der Inhalt $2\frac{1}{4}$ Billion Kubikmeilen. In seiner mittleren Geschwindigkeit um die Sonne legt er in einer Secunde 1.3 Meilen zurück; der Fall der Körper auf seine Oberfläche beträgt 15.15 Pariser Fuss, und seine Dichte ist nur 0.1 der Dichte der Erde. Bey seiner grossen Entfernung von der Sonne erscheint ihm jenes Gestirn nur mehr unter einem Durchmesser von 202 Secunden, also zehnmahl kleiner, und die ganze Fläche der Sonne hundertmahl kleiner, als uns, daher auch die Beleuchtung der

Sonne auf Saturn hundertmahl schwächer als auf der Erde ist, vorausgesetzt, dass diese beyden Planeten dieselbe Empfänglichkeit für das Licht haben.

Man erkennt ihn leicht an seinem matten, weissgrauen Lichte, und findet ihn, einmahl erkannt, leicht wieder, da er über $2\frac{1}{2}$ Jahre in demselben Zeichen des Thierkreises verweilt. Die Beobachtung seiner Flecken zeigt uns, dass er in 0.428 Tagen sich um seine Axe dreht, und dass sein Äquator um 30 Grade gegen die Ebene seiner Bahn geneigt ist. Diese schnelle Rotation hat eine starke Abplattung an seinen Polen zur Folge, die nahe den eilften Theil des Durchmessers beträgt. Herschel bemerkte noch eine zweyte Abplattung Saturns in der Richtung des Äquators, so dass seine Scheibe an vier Stellen eingedrückt erscheint. Schröter aber beobachtete grosse Veränderungen in der Gestalt des Umfangs dieses Planeten, dessen flüssige Oberfläche vielleicht einer Art von Ebbe und Fluth unterworfen ist. Mehrere dem Äquator nahe und ihm parallele Streifen, so wie die auffallende Weisse desjenigen Poles, der eben seinen fünfzehnjährigen Winterschlaf hält, und endlich das nur allmählige Verschwinden der von diesem Planeten bedeckten Fixsterne lassen auf eine sehr dichte Atmosphäre desselben schliessen.

Uranus.

Dieser äusserste Planet unsers Sonnensystems, am 13. März 1781 von Herschel entdeckt, ist von der Sonne 382 bis 419, und von der Erde 348 bis 424 Millionen Meilen entfernt. Seine periodische Revolution beträgt 30587.500 Tage, oder nahe 84 Jahre, und die synodische 369.629 Tage. Zu beyden Seiten der Opposition, in der Entfernung von 103 Graden von der Sonne, scheint er still zu stehen, und zwischen diesen beyden Puncten in rückgängiger Bewegung während 151 Tagen den Bogen von vier Graden zurückzulegen. Sein Durchmesser beträgt 7500 Meilen, also seine Oberfläche 166 Millionen Quadrat- und sein Inhalt 201000 Millionen Kubikmeilen. Mit seiner mittleren Geschwindigkeit legt er in einer Secunde nahe eine geographische Meile

um die Sonne zurück; die Körper fallen auf ihm in einer Secunde durch 14.57 Pariser Fuss, und seine Dichte ist 0.2 von jener der Erde. Der Durchmesser der Sonne erscheint ihm nur unter dem Winkel von 100 Secunden, also nahe 19 mahl, und die Fläche der Sonne 361 mahl kleiner, als den Bewohnern der Erde. Seiner grossen Entfernung wegen hat man bisher weder Berge noch Flecken, aber demungeachtet eine beträchtliche Abplattung dieses Planeten beobachtet, welche die Folge einer schnellen Rotation desselben seyn muss.

Vorlesung II.

Grösse und Gestalt der Erde.

Sobald der Mensch die Kugelgestalt der Erde erkannt hatte (I. S. 15), musste ihn seine Neugierde bewegen, auch die Dimensionen dieser Kugel zu erforschen. Es ist daher wahrscheinlich, dass die ersten Versuche, zu diesem Zwecke zu gelangen, noch weit jenseits der Zeiten fallen, deren Andenken uns die Geschichte aufbewahrt hat, und dass ihre Resultate in den physischen und moralischen Revolutionen, welche die Erde seitdem erfahren hat, zu Grunde gegangen sind. Die uns bekannten älteren Messungen der Erde wurden ausgeführt von Eratosthenes um 250, und Posidonius um 70 Jahre vor Christo; ferner von dem Kalifen Al Mamon im Jahre 827, und von Fernel, einem französischen Arzte, im Jahre 1550. Aber Snellius schlug der erste im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts die noch jetzt gebräuchliche Methode vor, die Picard im Jahre 1669 zuerst gehörig ausgeführt hat.

Die Bestimmung der Grösse der Erde lässt sich auf die Auflösung der zwey folgenden Probleme zurückführen; erstens auf die unmittelbare Messung eines Theiles des Umfangs der Erde, oder eines Meridianbogens derselben, und zweytens auf die Messung des Winkels, unter welchem die an den Endpuncten dieses Bogens gezogenen Halbmesser der Erde sich begegnen.

Die geodätische Messung des Bogens oder die Bestimmung seiner Grösse, z. B. in Toisen, könnte allerdings durch die unmittelbar aufeinanderfolgende Anlegung des Maasstabes gefunden werden. Da aber dieses Verfahren bey einem grossen Bogen, der hier gefordert wird, äusserst be-

schwerlich seyn würde, so pflegt man die beyden Endpuncte des Bogens durch eine Kette von Dreyecken mit einer kürzern geraden Linie, der **Basis**, zu verbinden, und nur die letzte unmittelbar mit dem Maasstabe zu messen, während man in jenen Dreyecken bloss die Winkel beobachtet, welche ihre Seiten unter sich und mit der Basis machen, woraus sich dann die gesuchte Grösse des Bogens durch Rechnung ableiten lässt. Die oben erwähnten Winkel der beyden Halbmesser aber erhält man, wenn man in den beyden Endpuncten des Meridianbogens die geographische Breite dieser Puncte beobachtet, da der gesuchte Winkel gleich der Differenz dieser Breiten ist. Hat man z. B. gefunden, dass der gemessene Bogen gleich a Graden und gleich b Toisen ist, so folgt unter der Voraussetzung der Kugelgestalt der Erde

die Grösse eines Grades gleich $\frac{b}{a}$ Toisen

„ „ des ganzen Umfangs der Erde $\frac{360\, b}{a}$

„ „ des Halbmessers derselben $r = \frac{180\, b}{\varpi\, a}$,

die Oberfläche der Erde gleich $4\, r^2\, \varpi$ Quadrattoisen und der körperliche Inhalt derselben gleich $\frac{4}{3}\, r^3\, \varpi$ Kubiktoisen, wo $\varpi = 3.14159\ldots$ ist.

Da aber verschiedene genaue Messungen auch verschiedene Werthe des Halbmessers r geben, so musste man die Kugelgestalt der Erde verlassen, und der Theorie gemäss annehmen, dass sie ein durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstandener Körper sey. Sey a und b die halbe grosse und kleine Axe dieser Ellipse, und die Excentricität $\varepsilon = \frac{1}{a} \sqrt{a^2 - b^2}$ oder die Abplattung derselben $\alpha = \frac{a - b}{a}$, also auch $\varepsilon = \sqrt{2\alpha - \alpha^2}$ und $\alpha = 1 - \sqrt{1 - \varepsilon^2}$.

Bezeichnet dann m die Länge eines Meridiangrades, dessen Mitte die geographische Breite φ hat, so ist

$$m = \frac{a\, \varpi\, (1 - \varepsilon^2)}{180\, (1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}},$$

und wenn m' die Länge eines Meridiangrades der Breite φ' ist,

$$m = m' \left(\frac{1 - \varepsilon^2 \operatorname{Sin}^2 \varphi'}{1 - \varepsilon^2 \operatorname{Sin}^2 \varphi}\right)^{\frac{3}{2}},$$

woraus folgt

$$\varepsilon^2 = \frac{m^{\frac{2}{3}} - m'^{\frac{2}{3}}}{m^{\frac{2}{3}} \operatorname{Sin}^2 \varphi - m'^{\frac{2}{3}} \operatorname{Sin}^2 \varphi'},$$

und diese Gleichung gibt die Excentricität ε der Erde durch zwey gemessene Meridiangrade m und m'. Zwar findet man auch hier aus je zwey der als vorzüglich anerkannten Gradmessungen nicht immer denselben Werth von ε oder von $\alpha = 1 - \sqrt{1 - \varepsilon^2}$, und man muss diese Abweichungen entweder Beobachtungsfehlern oder Unregelmässigkeiten in der Gestalt und Dichte der Oberfläche der Erde zuschreiben. Diese vorzüglichsten Messungen sind:

die Peruanische zwischen den Breiten	— 3°	4'	und +	0°	3'
die erste Ostindische	8	9	...	15	6
die zweyte	11	44	...	13	20
die Französische	38	39	...	51	2
die Englische	50	37	...	53	27
die Hannöver'sche	51	32	...	53	33
die Schwedische	65	32	...	67	9.

Berechnet man diese Beobachtungen so, dass die Summe der Quadrate der Unterschiede der berechneten und beobachteten Polhöhen ein Minimum wird, so findet man (Astr. Nachr. Nro. 161).

$$a = 3271852.32 \text{ Toisen}$$
$$b = 3260853.70 \text{ und}$$
$$\alpha = \frac{1}{297 \cdot 479},$$

und diese Werthe von a und b geben für die einzelnen Polhöhen im Allgemeinen so geringe Fehler, dass dadurch jene Messungen als gut dargestellt angenommen werden können. Immer aber wird es wünschenswerth seyn, diese Messungen an so vielen Orten als möglich und mit der grössten Genauigkeit vorzunehmen. Die so erhaltenen zahlreichern Bogen des Meridians sowohl, als auch der Parallelkreise der Erde werden uns die Gestalt derselben näher

kennen lehren, eine Gestalt, die vielleicht nicht ganz genau durch ein Rotationssphäroid dargestellt werden kann. Welches aber auch die genaue Figur dieser Meridiane seyn mag, so folgt doch aus der Übereinstimmung aller gemessenen Grade und ihrer Abnahmen von dem Pole zu dem Äquator, dass die Erde an ihren Polen abgeplattet, und dass diese Abplattung eine Folge der Rotation der Erde um ihre Axe ist.

Diese Rotation der Erde, wodurch jeder Punct ihres Äquators in 16 Secunden nahe eine geographische Meile zurücklegt, wird jedes Element der Erde von ihrer Axe desto mehr zu entfernen suchen, je näher dieses Element dem Äquator liegt, während die beyden Pole selbst von dieser Rotation nicht verändert werden können. Nennt man a diese durch die Rotation hervorgebrachte Entfernung oder die Schwungkraft eines Punctes des Äquators in der Richtung seines Halbmessers, und eben so a′ die Schwungkraft eines Punctes der Breite φ, ebenfalls in der Richtung des Halbmessers seines Parallelkreises, so hat man $a' = a \operatorname{Cos} \varphi$ oder die Schwungkräfte verhalten sich wie die Cosinus der geographischen Breiten. Diese Schwungkräfte vermindern also auch die Schwere der Erde. Da die Kraft, mit welcher die Erde alle Körper anzieht, gegen ihren Mittelpunct gerichtet ist, so wird für jeden Punct der Breite φ die durch die Schwungkraft verminderte Schwere gleich $a' \operatorname{Cos} \varphi$ oder gleich $a \operatorname{Cos}^2 \varphi$ seyn, d. h. die durch die Rotation bewirkte Verminderung der Schwere der Erde ist für jeden Punct derselben dem Quadrate des Cosinus der Breite dieses Punctes proportional. Ist daher G die ursprüngliche, ohne Rotation Statt habende, und g die bey der Rotation beobachtete Schwere, so ist für jeden Punct der Oberfläche der Erde

$$G - g = a \operatorname{Cos}^2 \varphi$$

Ist aber $A = 19631000$ Pariser Fuss der Halbmesser des Äquators, T die Sternzeit der Rotation der Erde oder $T = 86164$ Secunden mittlerer Zeit, so ist

$$a = \frac{4 \varpi^2 . A}{T^2}, \text{ oder } a = 0.1044 \text{ Pariser Fuss},$$

d. h. durch die Schwungkraft wird die Schwere der Erde in jedem Puncte ihrer Oberfläche um $G - g = 0.1044 \operatorname{Cos}^2 \varphi$

Pariser Fuss vermindert. Für den Äquator selbst ist $G-g=0.1044$, und da, nach den Beobachtungen am Äquator $g=30.1028$ Pariser Fuss ist, so hat man

$$G=30.2072, \text{ oder } \frac{g}{G}=\frac{289}{290},$$

d. h. die durch die Schwungkraft verminderte Schwere g am Äquator verhält sich zu der ursprünglichen Schwere G der Erde wie 289 zu 290. Wenn die Geschwindigkeit der Rotation der Erde grösser wäre, so würde auch die Schwungkraft grösser werden, und endlich die Schwere selbst übertreffen. Wäre z. B. $T=5068$ Secunden, also die Bewegung der Erde nahe siebenzehn Mahl schneller, als sie jetzt ist, so hätte man $G-g=30.207$, oder $g=0$, d. h. die Körper an den Oberflächen des Äquators würden dann, sich selbst überlassen, nicht mehr gegen die Erde fallen, sondern frey schwebend bleiben, und eine noch etwas vermehrte Geschwindigkeit der Rotation würde diese Körper schon ganz von der Oberfläche der Erde entfernen.

Eine directe Messung dieser veränderlichen Schwere der verschiedenen Puncte der Oberfläche der Erde erhält man durch das Pendel. Nennt man l die Länge des einfachen Pendels, und t die Zeit eines ganzen Schwunges, oder die Zeit des Ab- und Aufsteigens desselben, so hat man bekanntlich die Gleichung

$$t=\varpi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Daraus folgt: I. dass sich die Längen zweyer Pendel, die in derselben Zeit ihre Schwingungen vollenden, z. B. die Längen zweyer Secundenpendel verhalten, wie die auf sie wirkenden Schweren; II. dass die Schwingungszeiten desselben Pendels an verschiedenen Orten der Oberfläche der Erde verkehrt den Quadratwurzeln der Schweren; III. dass die Schwingungszeiten der Pendel an demselben Orte den Quadratwurzeln ihrer Längen,; und IV. dass die Anzahl der Schwingungen gleich langer Pendel in derselben Zeit, z. B. in einem Tage, den Quadratwurzeln der Schwere proportional ist.

Bezeichnet, wie zuvor, g die beobachtete Schwere am Äquator, und g' in der Breite φ, so hat man, da sich die

Schweren in verschiedenen Puncten des Sphäroids wie die Normalen dieser Puncte verhalten,

$$g : g' = 1 : \sqrt{\frac{1}{1 - \varepsilon^2 \operatorname{Sin}^2 \varphi}},$$

oder, da ε gegen die Einheit nur klein ist,

$$g' = g\left(1 + \frac{\varepsilon^2}{2} \operatorname{Sin}^2 \varphi\right).$$

Es war aber, wenn l die Länge des Secundenpendels für den Ort bezeichnet, dessen beobachtete Schwere gleich g' ist,

$$l = \frac{g' \cdot t^2}{\varpi^2},$$

oder da $t = 1$ ist,

$$l = \frac{g'}{\varpi^2},$$

also ist auch, wenn man in dieser Gleichung den vorhergehenden Werth von g' substituirt, der allgemeine Ausdruck für die Länge des Secundenpendels unter der Breite φ

$$l = \frac{g}{\varpi^2} + \frac{g}{\varpi^2} \cdot \frac{\varepsilon^2}{2} \operatorname{Sin}^2 \varphi.$$

Die folgende Tafel enthält einige der vorzüglichsten Messungen des Secundenpendels in verschiedenen Breiten.

Station	Breite	Länge des Secundenpendels Meter	Beobachter
Malouinische Inseln	— 51° 31′.7	0.9941295	Duperrey.
Port Jackson	— 33 51.6	0.9925879	Duperrey.
Ascension	— 7 55.8	0.9911949	Sabine.
Insel Rawak	— 0 1.6	0.9909584	Freycinet.
Sierra Leone	8 29.5	0.9910964	Sabine.
Jamaika	17 56.1	0.9914739	Sabine.
New York	40 42.7	0.9931689	Sabine.
Paris	48 50.2	0.9938493	Borda.
Paris	48 50.2	0.9938673	Biot Mathieu.
Dünkirchen	51 2.2	0.9945307	Biot.
London	51 31.1	0.9941236	Kater.
Clifton	53 27.7	0.9943018	Kater.
Portsoy	57 51.0	0.9946911	Kater.
Unst	60 45.5	0.9949393	Kater.
Hammerfest	70 40.1	0.9955409	Sabine.
Grönland	74 32.3	0.9957484	Sabine.
Spitzbergen	79 50.0	0.9960359	Sabine.

Wenn man diese Beobachtungen mit dem Ausdrucke

$$l = x + y \, \mathrm{Sin}^2 \varphi$$

vergleicht, so findet man durch die Methode der kleinsten Quadrate für die Länge des Secundenpendels den Ausdruck

$l = 0^m.99102557 + 0^m.00507188 \, \mathrm{Sin}^2 \varphi$ in Meter, oder

$l = 3^F.0508184 + 0^F.0156135 \, \mathrm{Sin}^2 \varphi$ in Pariser Fuss.

Daraus folgt

Länge des Pendels am Äquator		$L = 0^m.99102557$
- - - - Pole		$L' = 0^m.99609745$
	Differenz	0.00507188

Da ferner $\frac{g}{\omega^2} = 0.99102557$, so ist die Schwere am Äquator, oder $g = 9.^m781029$. Endlich war die Schwungkraft am Äquator $a = 0.1044$ Pariser Fuss $= 0.^m03391$. Nach dem bekannten, schon von Clairaut gefundenen Ausdrucke, ist aber die Abplattung

$$\alpha = \frac{5}{2} \cdot \frac{a}{g} - \frac{(L' - L)}{L}, \text{ dass heisst,}$$

$$\alpha = \frac{5}{2} \cdot \frac{0.0339197}{9.781029} - \frac{0.00507188}{0.99102557}, \text{ oder es ist}$$

$$\alpha = \frac{1}{282}.$$

Die Zunahme der Länge des Pendels vom Äquator zu dem Pole zeigt mehr Regelmässigkeit, als die der in verschiedenen Breiten gemessenen Meridiangrade, weil entweder die ersten Messungen einfacher und leichter sind, als die zweyten, oder weil die Unregelmässigkeiten der Oberfläche der Erde weniger auf die Pendel, als auf die Meridiangrade wirken. Doch ist auch hier die Übereinstimmung der einzelnen Messungen unter einander geringer, um sie bloss als Fehler der Beobachtung ansehen zu können, und es scheint daher, dass locale Einwirkungen, und vielleicht selbst Abweichungen der Gestalt der Erde von der eines Ellipsoids die Ursache jener Anomalien sind. (Mém. de Paris. Vol. VIII. p. 1.)

Diese Abplattung der Erde an ihren Polen, welche wir in dem Vorhergehenden durch unmittelbare Messungen sowohl, als auch durch die beobachteten Pendellängen bestätiget gefunden haben, ist eine blosse Folge der Rotation um

ihre Axe, welche die Elemente derselben durch die Schwungkraft desto mehr von dieser Axe entfernt hat, je näher sie bey dem Äquator lagen, wenn anders die Masse der Erde in ihrem primitiven Zustande nur eine geringe, und jedem Drucke nachgebende Härte hatte. Die Analyse zeigt, dass eine Kugel, wenn ihre Masse durchaus von gleicher Dichte ist, durch die Rotation die Gestalt eines Körpers annehmen muss, der durch die Umdrehung einer Ellise um ihre kleine Axe entsteht. Wendet man diese Analyse auf unsere Erde an, so findet man ihre Abplattung gleich $\frac{1}{231}$, also grösser als durch die oben erwähnten unmittelbaren Beobachtungen, ein Beweis, dass die vorhergehende Voraussetzung einer durchaus homogenen Erdmasse unrichtig ist. In der That ist es auch natürlich, anzunehmen, dass die Dichte der Erde gegen ihren Mittelpunct wächst, und schon die zur Bewohnbarkeit der Erde für Menschen und Thiere so nothwendige Stabilität der Meere fordert es, dass die Dichte des Wassers kleiner ist, als die mittlere Dichte der Erde. Allein unter der Voraussetzung einer nicht homogenen Erdmasse ist die theoretische Bestimmung ihrer Gestalt mit grossen Schwierigkeiten verbunden, deren nähere Anzeige hier übergangen werden muss.

Hier wollen wir noch bemerken, dass man in dem oben erwähnten Dreyecknetze, auch die geographischen Lagen der diese Dreyecke constituirenden Puncte finden kann, wenn die Lage eines dieser Puncte bekannt ist. Sey z. B. in dem Dreyecke N A S (Figur 8.), wo N den Nordpol der Erde bezeichnet, die Polhöhe $\varphi = 90 - \text{N A}$, das Azimut $\alpha = \text{N A S}$, und die kürzeste Distanz $\varDelta = \text{A S}$ eines Ortes A der Oberfläche der Erde gegen den anderen Ort S gegeben. Man suche die Polhöhe $\varphi' = 90° - \text{N S}$, das Azimut $\alpha' = 180° - \text{N S A}$, und die Längendifferenz beyder Orte, oder $u' = \text{A N S}$.

Die Auflösung dieser nützlichen Aufgabe muss von der Voraussetzung ausgehen, dass die geodätischen Linien AS, welche zwischen zwey Puncten A und S auf der Oberfläche der Erde gezogen werden, zugleich die kürzesten Linien sind, die man auf dieser Fläche zwischen den beyden Punc-

ten ziehen kann. Nennt man a und b die halbe grosse und kleine Axe des Erdsphäroids, und setzt man der Kürze wegen $a^2 e^2 = a^2 - b^2$ und $\omega = \frac{\Delta}{b \operatorname{Sin} 1''}$, so findet man die Grössen φ', α' und u' durch folgende Gleichungen

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha' + u'}{2} = - \frac{\operatorname{Sin} \frac{1}{2}(90 - \varphi - \omega)}{\operatorname{Sin} \frac{1}{2}(90 - \varphi + \omega)} \operatorname{Cotg} \frac{\alpha}{2},$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha' - u'}{2} = - \frac{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}(90 - \varphi - \omega)}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}(90 - \varphi + \omega)} \operatorname{Cotg} \frac{\alpha}{2},$$

$$\operatorname{Cos} \varphi' = \frac{\operatorname{Sin} \omega}{\operatorname{Sin} u} \operatorname{Sin} \alpha = - \frac{\operatorname{Cos} \varphi}{\operatorname{Sin} \alpha'} \operatorname{Sin} \alpha,$$

welche Werthe von α', u' und φ', wie man sieht, die Erde als eine Kugel voraussetzen, deren Halbmesser gleich b ist. Nennt man dann

$$(\varphi') - \varphi' = d\varphi', \ (\alpha') - \alpha' = d\alpha', \text{ und } (u') - u' = du'$$

die elliptischen Correctionen, welche den vorhergehenden sphärischen Grössen φ', α' und u' hinzugesetzt werden müssen, um die gesuchten sphäroidischen Werthe (φ'), (α') und (u') zu erhalten, so hat man

$$d\varphi' = \tfrac{1}{2} e^2 \omega \operatorname{Cos} \alpha (1 - 3 \operatorname{Sin}^2 \varphi)$$
$$+ \tfrac{1}{2} e^2 \omega^2 \operatorname{Sin} 1''. \operatorname{tg} \varphi \left[\operatorname{Sin}^2 \alpha (2 + \operatorname{Cos}^2 \varphi) - 3 \operatorname{Cos}^2 \varphi\right]$$

$$d\alpha' = - \tfrac{1}{2} e^2 \omega (1 + \operatorname{Sin}^2 \varphi) \operatorname{Sin} \alpha \operatorname{tg} \varphi$$
$$- e^2 \omega^2 \operatorname{Sin} 1''. \operatorname{Sin} 2\alpha \operatorname{tg}^2 \varphi$$

$$du' = - \tfrac{1}{2} e^2 \omega \frac{\operatorname{Sin} \alpha}{\operatorname{Cos} \varphi} (1 + \operatorname{Sin}^2 \varphi)$$
$$- \tfrac{1}{2} e^2 \omega^2 \operatorname{Sin} 1'' (1 + \operatorname{Sin}^2 \varphi) \frac{\operatorname{Sin} 2\alpha . \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{Cos} \varphi},$$

wo man in den meisten Fällen die in $e^2 \omega^2$ multiplicirten Glieder ohne Nachtheil vernachlässigen kann.

Um darauf ein Beyspiel anzuwenden, sey

$\varphi = 50° \ 56' \ 6.''7$, $\alpha = 274° \ 21' \ 3.''18$, und
$\Delta = 300817 . 48$ Toisen

(also Δ nahe 79 geographische Meilen). Nimmt man

log b = 6 . 5133546, und
log e = 8 . 9054355, so erhält man
$\omega = 5° \ 17' \ 7.''14$,

und die sphärischen Werthe

$\varphi' =$	51°	2'	8.''20
$\alpha' =$	87	49	13.48
$u' = -$	8	23	56.04.

Die elliptischen Correctionen aber sind:

I	−		3."77	
II	+		11.15	
III	−		2.81	
	+		4.57	$= d\varphi'$
51°	2′		8."20	$= \varphi'$
51	2		12.77	$= (\varphi')$

I	+		121."19	
II	+		2.61	
	+	2′	3. 8	$= d\alpha'$
87°		49′	13."48	$= \alpha'$
87		51	17.28	$= (\alpha')$,

und

I	+		156."09	
II	+		2.69	
	+	2′	38.78	$= du'$
	− 8°	23′	56."04	$= u'$
	− 8	21	17.26	$= (u')$.

In Beziehung auf die Temperatur, welche auf der Erde herrscht, wird die Oberfläche der Erde in fünf Zonen (I. S. 43) eingetheilt. Die heisse Zone erstreckt sich von dem Äquator zu beyden Seiten desselben bis zu den Parallelkreisen von 23° 28′; die beyden gemässigten von diesen Parallelkreisen bis zu denen von 66° 32′, und die beyden kalten Zonen endlich von den südlichen und nördlichen Parallelkreisen von 66° 32′ bis zu den beyden Polen. Die heisse Zone enthält alle die Orte, welchen die Sonne wenigstens einmahl im Jahre im Zenith steht; die gemässigten sehen die Sonne täglich auf- und untergehen, ohne sie je in ihrem Zenithe zu erblicken, und für die beyden kalten Zonen endlich geht die Sonne mehrere Tage des Jahres im Winter nicht auf, und im Sommer nicht unter. Die heisse Zone beträgt nahe $\frac{4}{10}$, die beyden gemässigten $\frac{5}{10}$ oder die Hälfte, und die beyden kalten endlich $\frac{1}{10}$ der ganzen Oberfläche der Erde. Die heisse Zone unterscheidet sich von den andern durch ihre grössere Hitze wegen der nahe senkrechten Richtung der Sonnenstrahlen gegen diesen Theil der Erde, durch die nahe immer gleiche Länge der Tage und Nächte, durch einen beständigen Sommer, durch eine stärkere Vegetation und ein höheres Leben der Pflanzen und Thiere, während in den beyden kalten Zonen eine alles erstarrende Kälte mit der Annäherung

zu den Polen zunimmt, unabsehbare Schneefelder und Eisgebirge erzeugt, und endlich beynahe allen vegetabilischen und animalischen Leben hindernd entgegentritt. Zwischen diesen beyden Extremen erfreuen sich die Bewohner der gemässigten Zonen einer milden Temperatur, eines scharf bestimmten Wechsels der Jahreszeiten und jener betriebsamen Thätigkeit des Körpers sowohl, als des Geistes, die sie seit dem Anfange unserer Geschichte vor den Bewohnern der anderen Zonen so vortheilhaft auszeichnet.

Diese Verschiedenheit der Temperaturen, und diesen wohlthätigen Wechsel der Jahres- und Tageszeiten verdanken wir der Rotation der Erde um eine gegen die Ebene der Ecliptik um den Winkel von 66° 32′ schief gelegte Axe. Wenn die Erde sich jährlich um die Sonne bewegte, ohne sich um ihre Axe zu drehen, so würde jeder Ort der Erde ein halbes Jahr Tag, und eben so lange Nacht haben, und der grösste Theil der heissen und der kalten Zonen würden für Pflanzen und Thiere unbewohnbar seyn. Fiele überdiess der Äquator der Erde mit der Ecliptik zusammen, so würde für die dem Pole näheren Gegenden die Sonne selbst im Mittage jenes halbjährigen Tages nur die Höhe erreichen, welche sie jetzt in der Mitte des März und des Septembers hat. Wenn aber die Erde so um die Sonne, wie der Mond um die Erde, sich bewegte, wenn nämlich die Rotation der Erde ihrer Revolution gleich wäre, so würde die Erde immer nur eine und dieselbe Hälfte ihrer Oberfläche der Sonne zukehren, und die andere in ewiger Nacht und Kälte erstarren. Wenn endlich die jetzt bestehende Rotation der Erde, aber nicht die gegenwärtige Neigung ihrer Axe Statt hätte, wenn z. B. diese Axe auf der Ecliptik senkrecht stünde, oder Äquator und Ecliptik zusammenfiele, so würde zwar jeder Ort der Erde durch das ganze Jahr Tag und Nacht einander gleich haben, aber der Wechsel der Jahreszeiten würde nicht mehr Statt finden, die von dem Äquator entfernteren Gegenden würden nicht mehr zur Vegetation geeignet seyn, und Menschen und Thiere wieder nur auf einen kleinen Gürtel der Erde beschränkt bleiben. Alle diese Nachtheile sind durch die Rotation der Erde um eine gegen ihre Bahn geneigte Axe entfernt worden.

Das Innere der Erde ist uns beynahe gänzlich unbekannt, da auch die grössten Tiefen, in die wir gekommen sind, uns nur gleichsam den Staub, der dieses grosse Buch bedeckt, etwas näher kennen gelehrt haben. Nach den Beobachtungen der Astronomen ist die mittlere Dichte der Erdmasse $4\frac{1}{2}$ grösser, als die des reinen Regenwassers. Dass diese Masse einst flüssig war, beweiset ihre Gestalt, die Kugelform sowohl, als die Abplattung, und die Lagen ihrer Schichten auf der Oberfläche derselben. In jenem Zustande, wo die Atmosphäre noch mit den soliden Theilen der Erde vereinigt war, erzeugten Feuer und Wasser durch Niederschlag und Crystallisation nach vielleicht tausendjährigen chemischen Prozessen endlich die gegenwärtige Gestalt der Erde und alle die leblosen und belebten Gebilde, welche jetzt die Oberfläche derselben bedecken, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieser Erde auch noch in der Folgezeit andere Revolutionen bevorstehen, bis sie endlich den Grad der Reife erlangt, zu welchem sie bestimmt ist. Wahrscheinlich ist diese Decke von Granit, welche sie jetzt umgibt, nur die äusserste von vielen anderen concentrischen Kugelschalen, welche die zwischen ihnen enthaltenen Dämpfe und Meere umgeben. Eine solche Wassermasse in beträchtlicher Tiefe unter der Oberfläche der Erde, vom Regenwasser unterhalten, und von der inneren Wärme der Erde bis zur Siedehitze gebracht, wird durch den Druck der Seitenwässer, oder durch den Dampf selbst, der sich aus jener heissen Wassermasse erhebt, bis zur Oberfläche der Erde vordringen, und hier die Ströme heissen, und mit aufgelösten Substanzen erfüllten Wassers bilden, die wir an unseren warmen Quellen bemerken.

Da das Wasser, den Gesetzen der Schwere folgend, sich stets nach den niedrigeren Puncten bewegt, so würde es bald von den Gipfeln der Berge, und selbst von den Ebenen verschwinden, und gegen den Mittelpunct der Erde vordringen, wenn es nicht durch die Wärme wieder als Dampf emporgezogen, und in dieser Gestalt durch die Winde über das Land geführt würde, wo es als Thau, Regen oder Schnee wieder herabfällt, und so nicht nur die Atmosphäre reiniget, sondern auch den Boden unter ihr zur

Unterhaltung der Thiere und Pflanzen geschickt macht. Dem ungeachtet ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Wassermenge auf dem festen Lande immer geringer wird, und dass die Grenzen des Meeres sich allmählig zurückziehen, womit auch zahlreiche Beobachtungen an den Gestaden desselben übereinstimmen. Die Folge dieser immer fortgehenden Abnahme, eine völlige Austrocknung der Oberfläche der Erde, scheint bereits auf unserem Begleiter, dem Monde, wie die Fernröhre zeigen, eingetreten zu seyn.

Die Tiefe des Meeres ist wohl an verschiedenen Orten sehr verschieden. Die grösste Tiefe, die man kennt, mass Capitän Philipps auf seiner Reise nach dem Nordpol, der bey einer Tiefe von 4680 Fuss mit dem Senkbley noch keinen Grund finden konnte. Es lässt sich aber durch Rechnungen zeigen, dass die Tiefe desselben von der Höhe des Continents über dem Meeresspiegel nicht beträchtlich verschieden, und daher nur ein geringer Theil der Abplattung der Erde, die über drey geographische Meilen beträgt, seyn kann. Ohne Zweifel ist der Boden des Meeres ebenfalls mit Bergen, Thälern und Höhlen bedeckt, welche letztere aber durch die Zufuhr der Flüsse, und durch die Überreste der Seethiere, welche die Strömungen mit sich rissen, allmählig ausgefüllt werden. Diese geringe Tiefe des Meeres ist für die Naturgeschichte und für die Geologie von der grössten Wichtigkeit. Es ist gewiss, dass das Meer einst einen grossen Theil des Festlandes bedeckt hat, wie die zurückgelassenen Spuren desselben zeigen. Dieses Zurückziehen des Meeres, dieses Sinken einzelner Theile desselben musste desto mehr Festland trocken legen, je seichter das Meer selbst war, und so konnten grosse Parthien des Continents aus dem Ocean hervortreten, ohne dadurch die elliptische Gestalt der Erde bedeutend zu ändern. Da der Analyse zu Folge, diese Gestalt der Erde nur wenig von jener verschieden seyn kann, welche die Oberfläche derselben in dem Zustande einer vollkommenen Flüssigkeit haben würde, so kann die Tiefe des Meeres nur ein kleiner Bruch von der Abplattung der Erde seyn, und daher müssen alle Hypothesen über beträchtliche Änderungen der Pole auf der Oberfläche der Erde als ganz unzulässig verworfen werden. Man

wollte durch diese Änderungen der Pole und der Klimate die Existenz der Elephanten und anderer Thiere erklären, deren fossile Überreste man in grosser Anzahl in so nördlichen Gegenden fand, wo unsere Elephanten nicht mehr leben konnten. Aber der Elephant, den man vor Kurzem im nördlichen Sibirien in einer Eismasse eingehüllt fand, und dessen gut erhaltene Haut mit einem dichten Pelze gegen die Kälte beschützt getroffen wurde, zeigt, dass diese Thiere von denen, die wir in der heissen Zone noch lebend finden, verschieden waren, und dass sie, von der Natur für jene kalten Gegenden eingerichtet, auch dieselben bewohnt haben, und man kann nicht daraus schliessen, dass die Revolution der Vorzeit, welche die Oberfläche der Erde verändert, und ganze Geschlechter von Pflanzen und Thieren vernichtet hat, auch die elliptische Gestalt der Erde, und die Lage ihrer Pole verändert habe.

Wenn die verschiedenen Substanzen, aus welchen unsere Erde besteht, in ihrem ursprünglichen Zustande, durch die Wirkung der Hitze, flüssig gewesen sind, so mussten die dichteren derselben zu dem Mittelpuncte der Erde herabsinken, und indem die minder dichten an der Oberfläche eine elliptische Gestalt bildeten, konnte diese Oberfläche selbst das Gleichgewicht annehmen. Indem in der Folge der Zeiten jene dichteren elliptischen Schalen erhärteten, wurde dadurch ihre frühere elliptische Gestalt nur wenig geändert. Dadurch und durch den Druck, den das grosse Gewicht der äusseren Schichten auf die inneren ausüben musste, lässt sich die gegenwärtige elliptische Form der Erde, und die regelmässige Ablagerung ihrer Schichten um den Mittelpunct derselben, so wie die gegen diesen Mittelpunct zunehmende Dichte, und endlich die Ähnlichkeit der gegenwärtigen Gestalt der Erde mit derjenigen erklären, welche sie erhalten haben würde, wenn sie immer vollkommen flüssig geblieben wäre.

Alle unsere beobachtende Astronomie, und selbst die Theorie dieser Wissenschaft setzt die Unveränderlichkeit der Lage der Erdaxe auf ihrer Oberfläche, und die Gleichförmigkeit ihrer Rotation um diese Axe voraus. Seit der Entdeckung der Fernröhre, d. h. seit man genaue Beobachtungen der

geographischen Breite besitzt, hat man keine Änderungen der Polhöhen bemerkt, zum Beweise, dass seit dieser Zeit die Pole der Erde immer dieselben Puncte der Oberfläche derselben eingenommen haben. Bekanntlich hat jeder Körper drey unter sich senkrechte Axen, um welche er sich gleichförmig drehen kann. Die Analyse zeigt, dass derselbe Fall auch bey der Erde Statt hat, obschon ein Theil derselben von einer flüssigen Masse, von dem Meere, bedeckt ist, ja dass dieses Meer durch seine Beweglichkeit und durch den Widerstand seiner Schwankungen die Erde auch dann noch in einem Zustande dauernden Gleichgewichtes zu erhalten strebt, wenn äussere Ursachen dieses Gleichgewicht aufzuheben sich bestreben. Obschon aber diese freye Rotation um jede der erwähnten drey Axen Statt haben kann, so hat doch die Stabilität der Rotationsaxe nur in Beziehung auf diejenigen zwey Axen Statt, für welche das Moment der Trägheit ein Kleinstes oder ein Grösstes ist, während die dritte durch die geringste Störung derselben schon aufhören kann, die Rotationsaxe des Körpers zu seyn. Da die Erde sich um diejenige ihrer freyen Axen dreht, für welche das Moment der Trägheit ein Grösstes ist, so ist auch die Stabilität dieser Axe gesichert. Wenn die Erde sich um eine in ihrer Lage veränderliche Axe drehte, so würde der Äquator derselben ebenfalls seinen Ort auf der Oberfläche der Erde ändern, und die Meere, sich immer gegen den neuen Äquator hinstürzend, würden das Festland und selbst hohe Gebirge abwechselnd bedecken und wieder verlassen. Eben so ist bereits durch die Analyse bewiesen, dass Vulkane, Erdbeben, Winde, Meeresströmungen u. dgl. nur einen ganz unmerkbaren Einfluss auf die Dauer des Tages haben können, und dass nur die Versetzungen sehr grosser Massen in weit entfernte Orte diese Dauer stören könnten, Versetzungen, von denen wir seit dem Anfange unserer Geschichte kein Beyspiel haben. So würde eine grosse Masse von den Polen zu dem Äquator gebracht, die Dauer des Tages verlängern, und ein Herabsinken beträchtlicher Massen gegen den Mittelpunct oder gegen die Axe der Erde, würde diese Dauer verkürzen.

Wichtiger könnte der Einfluss der inneren Wärme der

Erde auf die Dauer des Tages seyn. Wenn die Erde, wie alles zeigt, ursprünglich flüssig war, so musste ihre Ausdehnung zugleich mit ihrer Temperatur allmählig abnehmen, und die Winkelgeschwindigkeit ihrer Rotation wird so lange wachsen, bis die Erde die Temperatur des sie umgebenden Mittels erhält. Unter der Voraussetzung, dass die Temperatur der Erde für 120 Pariser Fuss oder 20 Toisen Tiefe um einen Grad des R. Thermometers zunimmt, fand Laplace, dass durch diese Ursache die Dauer des Tages seit den letzten zwey tausend Jahren noch nicht um den hundertsten Theil einer Secunde sich verändert hat, und dass daher auch in dieser Beziehung die Länge des Tages als constant angesehen werden kann. Die säculäre Gleichung der mittleren Bewegung des Mondes bestätiget, wie wir sehen werden, dieses Resultat auf eine Weise, die keinen Zweifel über die Sicherheit desselben mehr zulässt. Übrigens hat jene innere Wärme der Erde sich schon so sehr gegen den Mittelpunct derselben zurückgezogen, dass sie jetzt die mittlere Temperatur der Oberfläche der Erde kaum um den fünften Theil eines Grades R. erhöht. Die gänzliche Verschwindung derselben, welche die Folge der Jahrhunderte herauffübren muss, wird daher nicht im Stande seyn, wie viele besorgt haben, die jetzt auf der Erde lebenden organischen Wesen zu vernichten, so lange die Wärme, welche die Sonne auf der Oberfläche der Erde erzeugt, nicht bedeutend geändert wird.

Diese Sonne ist ohne Zweifel die vorzüglichste Ursache der höheren Temperatur, welcher sich die Erdoberfläche erfreut. Ausser ihr und ausser der dem Inneren der Erde eigenthümlichen Wärme wird aber auch die Temperatur des Raumes, in welchem sich die Planeten bewegen, auf die Wärme an der Oberfläche der Erde ihren Einfluss äussern. Die Wirkung der Sonnenstrahlen ist doppelt, die eine ist periodisch und äussert sich bloss an der Oberfläche der Erde, die andere ist constant und wird erst in einer Tiefe von nahe 100 Fuss unter dieser Oberfläche erkannt. Die Temperatur dieser Oberfläche unterliegt täglichen und jährlichen Variationen, die in grösseren Tiefen abnehmen und schon fünfzig Fuss unter derselben unmerklich werden. Die

Grösse der jährlichen Variationen, d. h. die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur, wird immer kleiner, je tiefer man geht, und die mittlere Temperatur eines jeden Ortes auf und unter der Oberfläche der Erde ist eine constante Grösse. Die Temperatur tiefer Orte ist constant für dieselbe geographische Breite, und nimmt, bey derselben Tiefe, von dem Äquator gegen die Pole ab. Die Atmosphäre und das Meer bringen Gleichförmigkeit in die Vertheilung der Sonnenwärme, jene durch die Winde, welche sie bewegen, und dieses durch die grossen Strömungen, denen es unterworfen ist.

In der Tiefe von nahe 100 Fuss unter der Oberfläche, wo die Temperatur anfängt constant zu werden, giesst die Sonne täglich ihre Wärme aus, die sich dann in dem Inneren der Erde sammelt und anhäuft, die dem Äquator nahen Gegenden durchdringt, und sich von da allmählig auch gegen die Pole ausbreitet. Wenn die Erde sich geschwinder um ihre Axe bewegte, so würde man die täglichen Änderungen, die man jetzt nur ganz nahe an der Oberfläche der Erde bemerkt, auch in grösseren Tiefen finden, und eben so die jährlichen, wenn die Erde sich schneller um die Sonne bewegte. Dieselben Resultate würde man erhalten, wenn bey derselben Revolution und Rotation der Erde, die Leitungsfähigkeit ihrer Oberfläche für die Wärme geringer wäre. Die Analyse zeigt, dass die Tiefen, in welchen jene beyden Perioden bemerkt werden, den Quadratwurzeln dieser Perioden selbst proportional sind, daher die täglichen Variationen der Temperatur nur in eine Tiefe dringen, die $\sqrt{365}$ oder nahe 19 mahl geringer ist, als die der jährlichen Variationen.

Von den Wärmestrahlen der Sonne, welche die Erde erreichen, gehen die einen durch die Atmosphäre und die Gewässer des Oceans, die andern werden von diesen beyden Flüssigkeiten absorbirt, und wieder andere werden von ihnen in den Weltraum zurückgeworfen. Dieser Raum ist der Sammelplatz aller Wärme, die seit dem Anfange aller Dinge von den Himmelskörpern, von den Sonnen, Planeten und Kometen ausgeströmt ist. Jeder dieser Körper hat eine ihm eigenthümliche ursprüngliche Wärme, die er in

der Folge der Zeiten mehr oder weniger durch Verkühlung verloren hat. Die Grösse dieser Verkühlung hängt ab von der Ausdehnung des Körpers, von der Leitungsfähigkeit seiner Masse und von dem Zustande seiner Oberfläche. Wenn der Weltenraum, in dem sich die Planeten bewegen, keine ihm eigenthümliche Wärme hätte, so würden die Pole unserer Erde einer ungemeinen Kälte ausgesetzt, und die Abnahme der Temperatur von dem Äquator zu den Polen würde viel schneller seyn, als sie jetzt bemerkt wird; die kleinsten Variationen in der Entfernung der Sonne von der Erde würden schon sehr beträchtliche Veränderungen der Wärme erzeugen, und der Wechsel des Tages mit der Nacht würde auch plötzliche Wechsel der Temperatur heraufführen. Die Oberfläche aller Körper würde in einem Augenblicke, bey dem Einbrechen der Nacht, einer schneidenden Kälte ausgesetzt seyn, und das animalische sowohl als das vegetabilische Leben würde diesen plötzlichen Wechsel der Extreme der Temperatur, die sich bey dem folgenden Aufgange der Sonne wieder in verkehrter Ordnung einstellen, nicht widerstehen können. Die innere Wärme der Erde würde diesen gänzlichen Mangel der äusseren Wärme nur sehr unvollkommen ersetzen. Diese dem Weltenraume eigenthümliche Temperatur kann im Allgemeinen nur wenig von der unserer Pole verschieden, und sie muss offenbar noch etwas geringer, als diese, seyn. Da sie ihren Ursprung in den Ausstrahlungen aller Körper des Universums hat, deren Licht und Wärme noch bis zu uns gelangen kann, so wird die sehr grosse Anzahl dieser Körper die Ungleichheiten der Temperatur eines jeden derselben ersetzen, und die Verbreitung derselben gleichförmig machen. Obschon übrigens diese Temperatur des Weltraums nicht in allen Gegenden dieselbe seyn wird, so kann sie doch in dem Raume unseres Planetensystems als gleichförmig angenommen werden, da die Dimensionen dieses Systems gegen die Distanzen, welche es von den anderen Systemen trennen, ganz unvergleichbar klein sind. Unter der Voraussetzung, dass die ursprüngliche Wärme der Planeten keinen bemerkbaren Einfluss auf ihre Oberfläche mehr äussert, wie diess bey unserer Erde der Fall ist, werden alle Planeten an ihren Polen dieselbe Temperatur, nämlich

nahe die des Weltraumes, haben: aber die Temperatur der näher an dem Äquator derselben liegenden Gegenden wird von dem Einflusse der Sonnenstrahlen, von der Entfernung der Sonne, von der Neigung der Rotationsaxe dieser Planeten, und von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche abhängen, welche letzte uns unbekannt ist. Für die äussersten Planeten unseres Systems aber, z. B. für Uranus, ist der Einfluss der Sonne so gering, dass die Temperatur seiner ganzen Oberfläche wahrscheinlich von der des Weltraumes nicht beträchtlich verschieden seyn wird.

Die oben erwähnte Erscheinung, dass die Abnahme der Temperatur der verschiedenen Erdschichten einen Grad R. für zwanzig Toisen Tiefe beträgt, kann nicht von der Wirkung der Sonne, noch von der Wärme des Weltraums kommen, weil dann die Temperatur des Innern der Erde mit ihrer Tiefe abnehmen müsste, sondern ihre Quelle muss in diesem Inneren der Erde selbst, und in einer Tiefe derselben gesucht werden, zu welcher bisher unsere Beobachtungen noch nicht vordringen konnten. Für die Oberfläche der Erde selbst aber ist die Wirkung dieser inneren Wärmequelle ganz unmerklich. Für eine mit der Erde gleich grosse Kugel von Eisen würde z. B. eine Zunahme der Temperatur von 1 Grad für 20 Toisen, die Temperatur der Oberfläche dieser Kugel nur um den vierten Theil eines Grades erhöhen, und bey unserer Erde noch viel weniger, da ihre Leitungsfähigkeit viel geringer, als die des Eisens ist. Ohne Zweifel war aber diese jetzt beobachtete Zunahme der Wärme von einem Grade für zwanzig Toisen in der Vorzeit viel bedeutender, und die Analyse zeigt, dass diese Wärmezunahme mit der Tiefe jetzt schon ungemein langsam abnimmt, so dass sie erst nach 30000 Jahren auf die Hälfte ihres gegenwärtigen Werthes herabsinken wird.

Die Temperatur der eigentlichen Oberfläche der Erde kann nur durch äussere Einwirkungen verändert werden, da, wie bereits erinnert wurde, die innere Wärme der Erde auf die Oberfläche derselben jetzt keinen Einfluss mehr äussert. Aber die Temperatur der dem Mittelpuncte näheren Schichten, die vielleicht die des schmelzenden Eisens weit übertrifft, wird im Laufe der künftigen Jahrhunderte noch

grosse Veränderungen erleiden. Die Wärme endlich, welche diese in ihrem Innern so stark erhitzte Erde dem Weltraume mittheilt, ist, nach Fourier's Berechnung, so gross, dass derjenige Theil derselben, welcher aus einem Quadratfuss der Oberfläche der Erde während einem Jahrhunderte ausströmt, im Stande ist, einen Eiswürfel von 9 Kubikfuss zu schmelzen.

Vorlesung III.

Der Mond der Erde.

Um mehrere der bisher erwähnten Planeten bewegen sich Satelliten oder Nebenplaneten in elliptischen Bahnen, deren einen Brennpunct der Hauptplanet einnimmt. Wir betrachten unter diesen zuerst den Satelliten der Erde oder den Mond.

Die siderische Umlaufszeit des Monds um die Erde beträgt 27.321661 Tage. Die mittlere Horizontalparallaxe des Mondes unter dem Äquator der Erde ist 0° 57′ 1″, also sein mittlerer Abstand von der Erde oder die halbe grosse Axe seiner Bahn gleich 60.29648 Halbmesser des Erdäquators, und der horizontale Halbmesser des Mondes gleich dem 0.27294ten Theil der Horizontalparallaxe, oder gleich 0° 15′ 33.″73. Die Excentricität der Mondesbahn beträgt 0.054844 der halben grossen Axe. Nimmt man die Präcession in einem julianischen Jahre gleich 50.″1 und die mittlere tropische Bewegung der Sonne in einem Tag gleich 0° 59′ 8.″33 an, so ist (I. S. 74) die tropische Revolution des Mondes in Beziehung auf die Nachtgleichen 27.T321582, und die Zeit zwischen zwey nächsten Conjunctionen mit der mittleren Sonne oder die synodische Revolution des Mondes 29.T530587. Die mittlere Länge des Mondes für den mittleren Pariser Mittag des 1. Januars 1801 ist 105° 1′ 13.″1, die Länge des Perigeums 266° 3′ 15.″9 und die Länge des aufsteigenden Knotens der Bahn mit der Ecliptik 13° 55′ 58″.8.

Allein die Knoten sowohl, als die Apsiden der Mondesbahn haben selbst eine sehr merkliche Bewegung. Die mittlere siderische retrograde Bewegung der Knoten beträgt in einem gemeinen Jahre von 365 Tagen 19° 20′ 33.″46, und

die mittlere tropische Bewegung derselben 19° 19′ 43.″36, woraus die siderische Umlaufszeit der Knoten 6793.^{T}285868 und die tropische Umlaufszeit 6798.^{T}177036, so wie die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf die Knoten oder der Drachenmonat 27.^{T}21214 folgt. Die Apsiden aber oder die beyden Endpuncte der grossen Axe bewegen sich in 365 Tagen siderisch um 40° 38′ 55.″69 und tropisch um 40° 39′ 45.″79 gegen Ost oder vorwärts, woraus die siderische Umlaufszeit der Apsiden 3232.^{T}567530 und die tropische 3231.^{T}461195, und die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf die Apsiden oder die anomalistische Revolution des Mondes 27.^{T}5549 folgt.

Diese Bewegung der Knoten der Mondsbahn, so wie die Neigung derselben gegen die Ecliptik, die im Mittel 5° 8′ 47″ beträgt, ist periodischen Änderungen unterworfen, die grössten Theils von der Lage der Sonne gegen die Knoten abhängt. Nennt man ☉ die Länge der Sonne, ☾ die Länge des Mondes und ☊ die nach dem Vorhergehenden bestimmte Länge des Knotens der Mondesbahn, so ist die wahre Länge des Knotens

$$☊' = ☊ + 1.^\circ 507 \operatorname{Sin} 2 (☉ - ☊) + 0.^\circ 125 \operatorname{Sin} 2 (☾ - ☊) - 0.^\circ 112 \operatorname{Sin} 2 (☾ - ☉),$$

und die wahre Neigung der Mondesbahn gegen die Ecliptik

$$N = 5.^\circ 14639 + 0^\circ 147 \operatorname{Cos} 2 (☉ - ☊) + 0.^\circ 010 \operatorname{Cos} 2 (☾ - ☊) - 0.^\circ 011 \operatorname{Cos} 2 (☾ - ☉).$$

Auch die Ebene des Mondesäquators ist einer merkwürdigen Änderung unterworfen. Nach der schönen Entdeckung des Dom. Cassini wird man die Lage dieses Äquators auf folgende Weise bestimmen. Wenn man durch den Mittelpunct des Mondes eine Ebene senkrecht auf die Rotationsaxe legt, welche Ebene also die des Mondesäquators seyn wird; wenn man ferner durch denselben Mittelpunct eine zweyte Ebene, parallel mit der Ecliptik, und endlich eine Mondesbahn selbst, legt, so haben diese drey Ebenen, wenn man von den so eben angeführten periodischen Ungleichheiten ☊′ und N abstrahirt, beständig dieselbe Durchschnittslinie. Die zweyte der genannten Ebenen, welche zwischen den beyden anderen liegt, bildet mit der ersten einen Winkel

von $1°30'11''$ und mit der dritten einen Winkel von $5°8'47''$. Die Knoten des Mondesäquators mit der Ecliptik fallen daher immer mit den mittleren Knoten der Mondsbahn in der Ecliptik zusammen, und jene haben, so wie diese, eine retrograde Bewegung und eine siderische Umlaufszeit von 6793.285868 Tagen. In dieser Zwischenzeit beschreibt der Pol des Mondesäquators und der der Mondesbahn kleine, der Ecliptik parallele Kreise, die den Pol der Ecliptik einschliessen, so dass diese drey Pole immer auf einem grössten Kreise der Sphäre liegen.

Wenn man die ältesten Beobachtungen des Mondes mit denen im Mittelalter, und diese mit den neuesten Beobachtungen vergleicht, so findet man, dass die mittlere Bewegung des Mondes nicht constant ist, sondern dass sie mit der Zeit immer schneller, oder dass die siderische Umlaufszeit des Mondes immer kleiner wird, und dass daher auch die grosse Axe seiner Bahn abnimmt. Diese Erscheinung war sehr auffallend, da bey allen Planeten die Umlaufszeit oder die grosse Axe constant ist, und die Ursache derselben blieb den Geometern lange verborgen, bis sie endlich fanden, dass die mittlere Geschwindigkeit des Mondes sowohl, als auch die des Perigeums und der Knoten der Mondesbahn von der Excentricität der Erdbahn abhängt, und daher, weil diese veränderlich ist (Seite 6), auch einer Änderung unterworfen seyn muss. Nach der Theorie hatte die Excentricität der Erdbahn in dem Jahre 11400 vor unserer Zeitrechnung ihren grössten Werth 0.01965, und sie nimmt seit jener Epoche durch 36900 Jahre immer ab, bis sie erst in dem Jahre 25500 nach Ch. Geb. ihren kleinsten Werth 0.00393 erreichen, und dann wieder allmählig zunehmen wird. In dieselbe grosse Periode von 36900 Jahren sind daher auch jene drey säculären Änderungen der mittleren Länge des Mondes, des Perigeums und des Knotens der Mondesbahn eingeschlossen. Nennt man t die Anzahl der seit 1801 verflossenen Jahrhunderte (wo t vor und nach 1801 negativ und positiv ist), so hat man für diese säculären Änderungen

der mittleren Länge	$+ 10.''7232\,t^2 + 0.''01936\,t^3$
der mittleren Anomalie	$+ 50.''4203\,t^2 + 0.09103\,t^3$
des Knotens	$+ 6.''5632\,t^2 + 0.01185\,t^3$,

durch welche Grössen die Bewegung des Mondes beschleunigt, die der Knoten und des Perigeums aber verzögert wird. Da die Knoten selbst eine rückgängige Bewegung haben, so wird man für jede gegebene Zeit zu der nach dem Vorhergehenden gefundenen mittleren Länge, zu der mittleren Anomalie und zu der Länge des Knotens die gegebenen Ausdrücke mit ihren Zeichen addiren, um die durch diese säculären Bewegungen corrigirten Werthe dieser drey Grössen zu erhalten.

Die Beobachtungen künftiger Jahrhunderte werden diese drey wichtigen säculären Bewegungen noch genauer bestimmen, als es uns jetzt möglich ist, da durch sie die mittlere Länge des Mondes einmahl um neun, und die der Apsiden sogar um acht und zwanzig Grade sich ändern wird. Es ist sehr merkwürdig, dass die Abnahme der Excentricität der Erdbahn in der Bewegung des Mondes so gross erscheint, während sie an sich selbst ganz unmerklich ist. Denn diese Abnahme, welche die Gleichung der Bahn der Sonne (I. S. 56) seit der ältesten der auf uns gekommenen Finsternisse noch kaum um acht Minuten vermindert hat, hat in der Länge des Mondes bereits eine Veränderung von zwey Graden, und in der mittleren Anomalie desselben eine von acht Graden hervorgebracht. Diese Reflexionen der säculären Änderungen der Erdbahn, die in der Bewegung des Mondes, wie in einem Hohlspiegel, vergrössert erscheinen, bemerkt man sogar auch bey den periodischen Störungen der Erde. So zeigt sich die Gleichung der Bahn der Erde, aber nahe zehnmahl geringer, und mit verkehrten Zeichen, in den Störungen der Länge des Mondes, und selbst die Ungleichheit, welche die Anziehung des Mondes in der Bewegung der Erde erzeugt, spiegelt sich wieder in jener des Mondes ab, wo sie nahe um die Hälfte vermindert erscheint. Diess ist eines der schönsten Beyspiele von der Art, wie sich die Erscheinungen der Natur, indem sie sich allmählig vor unseren Augen entwickeln, uns auch die wahren Ursachen derselben endlich zu erkennen geben. Man schrieb diese Beschleunigung des mittleren Mondlaufes der Einwirkung der Kometen, dem Widerstande des Äthers, der allmähligen Fortpflanzung der Kraft der Schwere und anderen eingebildeten Ursachen zu.

Aber die Analyse zeigt uns, dass wenigstens die beyden letzten Ursachen jenes Phänomen nicht erzeugen können, und die Übereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungen lässt uns nicht zweifeln, dass, wenn äussere, fremde Einwirkungen auf unser Planetensystem Statt haben, doch ihr Einfluss bisher völlig unmerklich gewesen ist. Diese Übereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungen versichert uns zugleich von der Unveränderlichkeit der Dauer des mittleren Tages, diesem ersten Elemente aller unserer Theorien und aller unserer Beobachtungen. Wenn diese gegenwärtige Dauer des Tages jene zu Hipparchs Zeiten auch nur um eine Secunde überträfe, so würden auch jetzt hundert julianische Jahre um 36525 Secunden oder um $10^h\ 8'\ 45''$ grösser seyn, als damahls. In $10^h\ 8'\ 45''$ beschreibt aber der Mond in seiner mittleren Bewegung einen Bogen von $5^\circ\ 34'\ 13'' = 20053''$, und um eben so viel müsste also auch die gegenwärtige Säcularbewegung des Mondes von jener des Hipparchs verschieden seyn, oder das erste und grösste Glied der oben gegebenen Säculargleichung der mittleren Bewegung des Mondes müsste, nicht $10.''7232\,t^2$, sondern $542\,t^2$ seyn, was sich mit den Beobachtungen durchaus nicht vereinigen lässt. Diese Änderung der Dauer des Tages würde man auch sehr deutlich an der Grösse der Umlaufszeiten der Planeten, die in mittleren Tagen ausgedrückt sind, erkennen, die aber auch, den Beobachtungen zu Folge, seit den Zeiten Hipparchs keine merkbaren Änderungen erlitten haben.

Übrigens gibt es noch eine grosse Anzahl von Ungleichheiten, denen die Bewegung des Mondes unterworfen ist, und die ihren Grund in den Störungen haben, welche die Sonne auf den um die Erde sich bewegenden Mond ausübt. Die grösseren derselben wurden schon frühe durch die Beobachtungen erkannt, allein ihre genauere Bestimmung, so wie die Auffindung der kleineren Störungen war der Theorie des Mondes aufbehalten, die erst in unseren Tagen ihre letzte Vollendung erhielt. Berücksichtiget man die vorzüglichsten dieser Ungleichheiten, so kann man, nach Damoiseau's Tafeln, um den Ort des Mondes in seiner Bahn für jede gegebene Zeit zu bestimmen, so verfahren.

Sey l und m die mittlere Länge und die mittlere Ano-

malie des Mondes, m' die mittlere Anomalie der Sonne, und a = l — mittlere Länge der Sonne, b = l — Länge des aufsteigenden Knotens der Mondesbahn, und t die Zahl der seit 1801 verflossenen Jahrhunderte.

Um diese Grössen für jede gegebene Zeit zu finden, hat man

	Epoche für den mittleren Pariser Mittag des 0. Januar 1801 (31. Dec. 1800)	Änderung in 365 Tagen	Änderung in einem Tag	Säculare Gleichung
l	105°.02369	129°.384684	13°.1763639	0°.002979 t^2 + 0 .0000054 t^3
m	198 .96705	88 .72209	13 .064994	0 .014006 t^2 + 0 .0000253 t^3
a	185 .35770	129 .62340	12 .1907493	0 .002979 t^2 + 0 .0000054 t^3
m'	0 .15912	359 .74404	0 .9856002	„ „
b	91 .08216	148 .71312	13 .2293508	0 .001156 t^2 + 0 .0000021 t^3

Sucht man z. B. diese Grössen für 1810 den 10. April um 12^h mittlerer Zeit Paris (mittlere Mitternacht), so hat man für C

Epoche	105.°02369
9 gemeine Jahre	1164.46216
2 Schalttage	26.35279
100 Tage	1317.63964
½ Tag	6.58820
Säculare Gleichung	3
	2620.06651
	2520
l =	100.06651

und diess ist der gesuchte Werth von l oder die mittlere Länge des Mondes für die gegebene Zeit. Eben so erhält man für dieselbe Zeit

m = 176.°62775   a = 81.°52009
m' = 98.87950   b = 265.50869.

Ist dann λ die wahre Länge des Mondes in seiner Bahn, so hat man

$$\lambda = l + 6^\circ 289 \,\text{Sin}\, m + 0.214 \,\text{Sin}\, 2m + 0.010 \,\text{Sin}\, 3m$$
$$- 0.034 \,\text{Sin}\, a + 0.651 \,\text{Sin}\, 2a$$
$$- 0.187 \,\text{Sin}\, m' - 0.114 \,\text{Sin}\, 2b$$
$$+ 0.059 \,\text{Sin}\, 2 \,(a - m) \quad + 1.268 \,\text{Sin}\, (2a - m)$$
$$+ 0.009 \,\text{Sin}\, 2\,(2a - m) \quad + 0.011 \,\text{Sin}\, (4a - m)$$
$$+ 0.053 \,\text{Sin}\, (2a + m) \quad - 0.030 \,\text{Sin}\, (m + m')$$
$$+ 0.041 \,\text{Sin}\, (m - m') \quad - 0.007 \,\text{Sin}\, (2a + m')$$
$$+ 0.046 \,\text{Sin}\, (2a - m') \quad - 0.008 \,\text{Sin}\, (2a + m' - m)$$
$$+ 0.058 \,\text{Sin}\, (2a - m' - m) - 0.013 \,\text{Sin}\, (2b + m)$$
$$- 0.011 \,\text{Sin}\, (2b - m) \quad + 0.015 \,\text{Sin}\, 2\,(a - b).$$

Setzt man dann zu jedem der drey Argumente m, a und b die Summe der vorhergehenden Störungen der Länge oder die Grösse $\lambda - l$, und nennt man die so verbesserten Argumente μ, α und β, so erhält man

wahre Breite $\zeta = 5^\circ.150 \,\text{Sin}\, \beta + 0^\circ.147 \,\text{Sin}\, (2\alpha - \beta)$
$+ 0.007 \,\text{Sin}\, (2\mu - \beta) + 0.007 \,\text{Sin}\, (\beta + m')$
$+ 0.007 \,\text{Sin}\, (\beta - m') + 0.006 \,\text{Sin}\, (2\alpha - b - m')$;

Äquatoreal - Horizontalparallaxe
$= 0^\circ.950 + 0^\circ.052 \,\text{Cos}\, m$
$+ 0^\circ.008 \,\text{Cos}\, 2a + 0.009 \,\text{Cos}\, (2a - m)$;

Stündliche Bewegung in Länge
$= 0^\circ.549 + 0.060 \,\text{Cos}\, m$
$+ 0^\circ.004 \,\text{Cos}\, 2m + 0.012 \,\text{Cos}\, 2a$
$+ 0^\circ.011 \,\text{Cos}\, (2a - m)$;

Stündliche Bewegung in Breite
$= 0^\circ.049 \,\text{Cos}\, \beta + 0.01 \,\text{Cos}\, (2\alpha - \beta)$.

Von diesen Ungleichheiten der Länge sind die drey ersten Glieder die elliptische Gleichung der Bahn, die zwey folgenden von a und 2a abhängigen heissen die Variation, die Grösse $- 0.187 \,\text{Sin}\, m'$ die jährliche Gleichung, und $1.268 \,\text{Sin}\, (2a - m)$ die Evection. Die Evection wurde schon von Ptolemäus, die Variation und die jährliche Gleichung aber von Tycho gefunden. (Abgekürzte Tafeln des Mondes findet man in meiner Calendariographie Seite 524 — 528.)

Unter den übrigen kleineren Ungleichheiten des Mondes gibt es eine Störung der Breite desselben, die von der Grösse der Abplattung der Erde abhängt. Die Bestimmung dieser Ungleichheit durch die Beobachtungen gab diese Abplattung

gleich $\frac{1}{305}$. Ganz derselbe Werth der Abplattung folgt auch aus einer Störung der Länge, die in ihrem Maximum sieben Secunden erreicht, und von der Länge des Mondsknotens abhängt. So lehrt uns also der Mond durch die Beobachtung seiner Ungleichheiten die Abplattung der Erde kennen, wie er die ersten Astronomen durch die runde Gestalt des Erdschattens bey den Mondesfinsternissen mit der Kugelform der Erde bekannt gemacht hat. Jene Mondesgleichungen geben die Abplattung der Erde unabhängig von den Unregelmässigkeiten ihrer Oberfläche und ihrer Masse, was selbst bey unmittelbaren geodätischen Vermessungen nicht der Fall ist. Ferner gibt die Theorie, verbunden mit den Versuchen über die Länge des Pendels und mit den Gradmessungen, die Parallaxe des Mondes sehr nahe mit den Beobachtungen dieses Satelliten übereinstimmend, so dass man also auch umgekehrt aus der Länge des Pendels und aus der Parallaxe des Mondes die Grösse der Erde bestimmen kann. Die Mondesparallaxe aber kann (I. S. 276) durch Beobachtungen des Mondes in verschiedenen Höhen desselben über dem Horizont gefunden werden, ohne dass es nothwendig ist, seinen Beobachtungsort zu verändern. Endlich gibt es noch eine Ungleichheit der Mondeslänge, die von der einfachen Distanz des Mondes von der Sonne abhängt, und deren Coefficient die Sonnenparallaxe enthält. Die Mondesbeobachtungen gaben daraus die mittlere Sonnenparallaxe gleich 8″.6.

Es ist merkwürdig, dass ein Astronom, ohne seine Stelle zu verlassen, bloss durch die Vergleichung seiner Beobachtungen mit der Theorie, nicht nur die Grösse, sondern auch die Gestalt und sogar die Entfernung der Erde von der Sonne bestimmen kann, ohne mühsame geodätische Messungen oder kostbare Reisen in weit entlegene Gegenden, oder endlich alte, Jahrtausende von uns entfernte Beobachtungen zu Hülfe zu rufen.

Aus der oben mitgetheilten Dauer der synodischen Revolution des Mondes von $29.^{T}530587$ folgt, dass 12 synodische Mondesmonate $354.^{T}367057$ betragen, oder $10.^{T}883$

weniger, als ein julianisches Jahr von 365.25 Tagen. In den kirchlichen Rechnungen nimmt man für diese Differenz in runder Zahl 11 Tage, und setzt den synodischen Monat gleich 30 Tagen. Wenn daher ein Jahr mit einer Conjunction des Mondes mit der Sonne, d. h. mit einem Neumonde anfängt, so sind im Anfange des folgenden Jahres nahe 11 Tage seit dem nächstvorhergehenden Neumonde verflossen, und die Mondesphasen fallen in diesem zweyten Jahre 11 Tage früher, im dritten um 22, im vierten um 33 d. h. um 3, im fünften um 44, d. h. um 14 Tage früher u. f. Man nennt diese Zahlen 11, 22, 3, 14, 25, 6.. die kirchlichen Epacten. Ist E die Epacte eines Jahres, so ist der 1. Januar dieses Jahres der (E + 1)ste Tag im Mondesalter, oder so fällt der kirchliche Neumond auf den (31 — E)ten Januar. So ist

Epacte	Neumond
0 oder 30	1 Januar
1 - - - - - -	30 „
10 - - - - - -	21 „
20 - - - - - -	11 u. f.

Da aber 19 julianische Jahre $6939.^{T}750$ und 235 synodische Monate $6939.^{T}688$ betragen, also der Unterschied nur $0.^{T}062$ ist, so fallen nach 19 julianischen Jahren die kirchlichen Neumonde wieder sehr nahe auf dieselben Monatstage. Man nennt diese schon von dem Griechen Meton gefundene Periode von 19 Jahren, deren erstes die Epacte 11 hat, den Mondeszirkel, und die Zahl, welche anzeigt, das wievielte ein gegebenes Jahr in dieser Periode ist, die goldene Zahl. Da das Jahr, welches unmittelbar vor demjenigen hergeht, in welches wir die Geburt Christi setzen, ein erstes Jahr einer solchen Periode ist, so hat man, wenn C das Jahr Christi, G die goldene Zahl und E die Epacte bezeichnet,

G gleich dem Reste der Division von C + 1 durch 19, und
E gleich dem Reste der Division von 11 G durch 30.

So gibt das Jahr C = 1820 die goldene Zahl G = 16 und die Epacte E = 26, oder der erste kirchliche Neumond fällt auf den (31 — E) = 5. Januar des Jahres 1820 im alten oder julianischen Kalender. In dem neuen oder Gregoriani-

nischen Kalender ist die Epacte von 1700 bis 1900 mu 11, und von 1900 bis 2200 um 12 Tage kleiner, als in dem Julianischen.

Noch genauer ist die alte chaldäische Periode von 18 Julianischen Jahren und 11 Tagen. Da nämlich der synodische Monat (Seite 45) 29.530587 und der Drachenmonat 27.21214 Tage hat, so betragen 223 synodische Monate 6585.321 und 242 Drachenmonate 6585.338 Tage oder sehr nahe 18 Julianische Jahre (zu 365.25 Tagen) und 11 Tage, nach welcher Zeit also die Sonne, der Mond und die Knoten der Mondesbahn wieder dieselbe Lage gegen einander haben, welche sie am Anfange dieser Periode hatten, und nach welcher Zeit daher die Sonn- und Mondesfinsternisse, die von jener Lage abhängen, wieder in derselben Ordnung zurückkehren. Da aber die diesem Verfahren zu Grunde liegenden Verhältnisse nur in ganzen Zahlen ausgedrückt sind, und da diese Verhältnisse durch die oben (Seite 47) erwähnten säcularen Bewegungen des Mondes und seiner Knoten mit der Zeit grosse Änderungen leiden, so kann man diese Mittel, Finsternisse vorher zu bestimmen, nur als eine erste Näherung betrachten.

Wenn der Mond in Conjunction mit der Sonne oder im Neumond ist, so wendet er uns seine unbeleuchtete Hälfte zu, und ist daher unsichtbar. Bald darauf erscheint er immer weiter östlich von der Sonne, geht immer später, täglich nahe eine Stunde, nach Sonnenuntergang unter, sein westlicher Rand wird immer mehr beleuchtet, und ist in den ersten Stunden der Nacht in Westen sichtbar. Nach 7.4 Tagen, im ersten Viertel, geht er um Mitternacht unter und ist westlich zur Hälfte beleuchtet. Nun geht er täglich eine Stunde später in den Morgenstunden unter, die Beleuchtung seiner westlichen Seite wächst, bis er 14.8 Tage nach der Conjunction, mit der Sonne in Opposition, im Vollmonde, steht, da er jetzt seine von der Sonne beleuchtete Hälfte auch der Erde zuwendet, uns ganz beleuchtet erscheint, und die ganze Nacht durch sichtbar ist, bey

Aufgang der Sonne untergeht, und um Mitternacht in dem Meridian steht. Bald darauf nähert er sich der Sonne auf der Westseite derselben wieder, geht täglich eine Stunde später nach Sonnenuntergang auf, verliert immer mehr von seinem Lichte auf der Westseite, und ist in den letzten Stunden der Nacht im Osten sichtbar, bis er 7.4 Tage nach der Opposition, im letzten Viertel, um Mitternacht aufgeht, und östlich zur Hälfte beleuchtet ist. Von da geht er immer später nach Mitternacht auf, nimmt in seiner östlichen Beleuchtung noch mehr ab und nähert sich der Sonne so lange, bis er 14.8 Tage nach der Opposition, oder 29.5 Tage nach der Conjunction wieder als Neumond sich mit der Sonne vereinigt, mit ihr auf- und untergeht, seine unbeleuchtete Seite der Erde zuwendet, und von diesem Puncte die eben erzählten Erscheinungen und die Abwechslungen seiner Phasen in derselben Ordnung wiederholt. Der Mond ist also eine dunkle Kugel, die ihr Licht von der Sonne erhält.

Nennt man L die Länge der Sonne, l, b die geocentrische Länge und Breite des Mondes, und Δ den Winkel, welchen beyde Gestirne für den Mittelpunct der Erde bilden, so ist

$$\text{Cos}\,\Delta = \text{Cos}\,(l - L)\,\text{Cos}\,b.$$

Die kreisförmige Grenze des uns sichtbaren beleuchteten Theils der Oberfläche des Mondes aber erscheint uns als eine Ellipse, deren halbe grosse Axe a der Halbmesser des Mondes ist, und deren halbe kleine Axe b durch die Gleichung bestimmt wird

$$b = a\,\text{Cos}\,\Delta = a\,\text{Cos}\,(l - L)\,\text{Cos}\,b,$$

also ist auch die grösste Breite des beleuchteten Theils des Mondes

$$a - b = a\,(1 - \text{Cos}\,(l - L)\,\text{Cos}\,b).$$

Ist der Mond, in seinen Vierteln, genau halb beleuchtet, so ist in dem Dreyecke zwischen Sonne, Erde und Mond der Winkel am Monde gleich 90°. Beobachtet man also in diesem Augenblicke den Winkel Δ an der Erde, so hat man die Entfernung der Sonne von der Erde gleich der Entfernung des Mondes von der Erde dividirt durch den

Sinus von Δ, oder man erhält die Sonnenparallaxe aus der bekannten Parallaxe des Mondes. Aber die Schwierigkeit, den Augenblick anzugeben, in welchem genau die Hälfte des Mondes beleuchtet ist, macht dieses Verfahren unbrauchbar.

Die Zeiten der vier vorzüglichsten Mondesphasen kann man durch die Tafeln (XVIII) bestimmen, deren Einrichtung in m. Calendariogr. Seite 240 erklärt wurde. Ihr Gebrauch ist folgender.

Von den Zahlen P gehört 1, 2, 3 und 4 in derselben Ordnung zum Neumond, ersten Viertel, Vollmond und letzten Viertel, daher man unter den 4 Zeilen der Monate diejenige wählen muss, welche der gesuchten Phase entspricht. Ist die Summe der P grösser als 4, so wird die Zahl 4 davon subtrahirt, so wie von der Zahl M, wenn sie grösser als 1000 ist, die Zahl 1000 subtrahirt wird. In den Monaten Januar und Februar setzt man, wenn das gegebene Jahr ein Schaltjahr ist, zu der gefundenen Zeit der Phase noch einen Tag hinzu. Die so erhaltenen Zeiten gehören für den Meridian von Paris.

Ex. I. Man suche den Neumond des Monats Julius 1825

	Epoche	M	P
1825	3.52	335	3
July	10.89	965	2
M.	1.02	300	1
	15.43		

also der Neumond am 15. Julius $10^h.3$ mittlerer Zeit Paris.

Man suche das erste Viertel des Octobers 1825

Epoche	M	P
3.52	335	3
14.75	443	3
0.01	778	2
18.28		

also das erste Viertel am 18. October $6^h.7$ mittlerer Zeit Paris.

Dadurch werden also die Zeiten der *wahren* oder astronomischen Neumonde, so wie die der übrigen Phasen be-

stimmt, während die oben erwähnten Epacten nur die kirchlichen, imaginären Neumonde geben.

Da die Erde ebenfalls, so wie der Mond, eine dunkle Kugel ist, die ihre Beleuchtung von der Sonne erhält, so wird zur Zeit des Neumondes die Erde dem Monde ganz beleuchtet, und im Vollmonde dunkel erscheinen, und im ersten Falle, da die Erde eine nahe dreyzehn Mahl grössere Fläche als der Mond hat, der Glanz der Erde durch die Reflexion vom Monde uns sichtbar seyn, daher man einige Tage vor und nach dem Neumonde selbst die dunkle Seite des Mondes noch in dem so genannten aschgrauen Lichte erblickt. Weil übrigens nur etwa die Hälfte der Nächte eines jeden Monats von dem Monde beschienen wird, so scheint der Mond nicht wegen der Beleuchtung der Erde da zu seyn, ein Zweck, den die Natur nur dann erreicht hätte, wenn der Mond, zur Zeit seiner Entstehung, mit der Sonne in Opposition, und wenn seine Entfernung von der Erde sowohl, als seine Geschwindigkeit nahe der hundertste Theil der Entfernung der Sonne von der Erde, und der Geschwindigkeit der Erde gewesen wäre, weil dann der Mond immer im Volllichte geschienen, und selbst die Finsternisse keinen Einfluss auf seine Beleuchtung geäussert hätten. In seiner gegenwärtigen Entfernung ist das Licht des Vollmondes, nach Bouguer's Untersuchungen, nahe 300000 Mahl schwächer, als das der Sonne, daher man auch in den Brennpuncten der grössten Hohlspiegel keine Wirkung des Mondlichtes auf das Thermometer bemerkt.

Da wir immer nahe dieselben Flecken des Mondes sehen, oder da er uns immer dieselbe Hemisphäre zuwendet, so dreht er sich in derselben Zeit um seine Axe, in welcher er sich um die Erde bewegt, oder die Rotation des Mondes ist seiner Revolution gleich. Der Äquator des Mondes ist gegen die durch den Mittelpunct des Mondes mit der Ecliptik parallel gelegte Ebene unter dem Winkel von 1°.503, und die Bahn des Mondes ist gegen diese der Ecliptik parallele Ebene unter dem Winkel von 5°.144 geneigt, und diese drey Ebenen, von welchen die der Ecliptik in der Mitte zwischen den beyden anderen liegt, haben immer denselben gemeinschaftlichen Durchschnittspunct, oder die

Knoten des Mondes - Äquators in der Ecliptik fallen immer mit den Knoten der Mondesbahn in der Ecliptik zusammen, und die tropische Revolution beyder Knoten ist $6798^{T}.177$. Eine genauere Beobachtung dieser Flecken aber zeigt uns, dass diejenigen, welche nahe an dem Rande des Mondes stehen, abwechselnd erscheinen und wieder verschwinden, ein Phänomen, welches unter dem Namen der Libration bekannt ist. Wenn die Rotation des Mondes, wie die aller anderen Himmelskörper, gleichförmig ist, so muss sie, da die Revolution desselben, oder die Bewegung in der Länge nach dem Vorhergehenden ungleichförmig ist, bald langsamer und bald schneller erscheinen, als die Revolution, wodurch uns in jenem Falle mehr von dem westlichen, und in diesem mehr von dem östlichen Rande des Mondes sichtbar wird. Da ferner der Mond sich nicht in der Ecliptik, sondern in einer um fünf Grade gegen die Ecliptik geneigten Bahn bewegt, so wird er, wenn er sich über die Ecliptik erhebt, die um seinen Nordpol liegenden Gegenden unserem Anblicke entziehen, und das Gegentheil wird Statt haben, wenn er unter die Ebene der Ecliptik herabsteigt. Endlich wird die Gesichtslinie des Beobachters, die sein Auge mit dem Mittelpuncte des Mondes verbindet, die Oberfläche des Mondes, wegen der Parallaxe, nicht immer in denselben Puncte treffen, und da die auf diese Linie senkrechte, durch den Mittelpunct des Mondes gehende Ebene die Grenze des uns sichtbaren Theiles dieses Gestirns bestimmt, so wird dadurch auch jene Grenze selbst veränderlich, und der Mond wird uns, in verschiedenen Höhen über dem Horizonte, auch verschiedene Flecken am Rande desselben zeigen. Diese drey Librationen der Länge, der Breite und der Parallaxe sind offenbar bloss scheinbar, bloss optisch, und haben auf die wahre Gleichförmigkeit der Rotation keinen Einfluss. Wenn aber der Mond, den Beobachtungen gemäss, uns im Allgemeinen immer dieselbe Seite zeigt, so muss er auch wahren Librationen unterworfen, oder seine Rotation muss selbst veränderlich seyn. Wir haben gesehen, dass die mittlere Bewegung dieses Gestirns schon seit zehntausend Jahren zunimmt, und noch zwanzig tausend Jahre zunehmen wird. Bliebe daher die Rotation der mittleren Bewe-

gung, die zu irgend einer Zeit Statt hat, immer gleich, so würden diese beyden Bewegungen vor und nach dieser Epoche immer mehr von einander abweichen, und uns endlich auch die bisher unsichtbare Seite des Mondes zu Gesichte bringen, was gegen die Erfahrung ist. Auch zeigt die Theorie, dass die Rotation des Mondes denselben säcularen Ungleichheiten, wie die mittlere Bewegung, unterworfen ist, obschon sie an den periodischen Ungleichheiten der Revolution keinen Theil nimmt, dass also beyde Bewegungen in demselben Masse und in denselben Perioden ab- und zunehmen, und dass uns daher die jetzt von der Erde abgewendete Seite des Mondes auch für immer verborgen bleiben wird. Wahrscheinlich wurde in dem noch jugendlichen Alter des Mondes, wo seine noch wenig erhärtete Masse jeder Einwirkung leichter nachgab, der der Erde zugekehrte Halbmesser, durch die vorherrschende Attraction, welche die Erde auf diesen nächsten Punct des Mondes ausübte, verlängert, und dem Äquator desselben eine elliptische Gestalt gegeben, dessen grosse Axe gegen die Erde gerichtet war, und wegen der immer fortwirkenden Anziehung der Erde auch gerichtet blieb. Obschon daher eine anfängliche genaue Gleichheit beyder Bewegungen sehr unwahrscheinlich ist, so musste doch der Mond, wenn jene beyden Bewegungen nur nicht zu sehr von einander verschieden waren, sehr bald in Oscillationen um jenen grösseren Halbmesser übergehen, um welchen er immer kleinere Schwingungen machte, bis endlich, durch die immer fortwirkende Anziehung der Erde, beyde Bewegungen einander ganz gleich gemacht wurden. Diesem gemäss musste der Mond die Gestalt eines Ellipsoids erhalten, welches nicht bloss an seinen Polen abgeplattet ist, sondern dessen Parallelkreise auch alle dem Äquator desselben ähnliche Ellipsen sind. Diese doppelte Elliptieität des Mondes ist aber so klein, dass sie den Beobachtungen völlig entgeht. Nach der Theorie ist die Rotationsaxe dieses Gestirns 0.99891, und die kleine Axe des Äquators 0.99997, wenn die grosse Axe des Äquators gleich der Einheit angenommen wird.

Die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde beträgt nach dem Vorhergehenden 60.29648 Erdhalbmesser,

oder 51821 geographische Meilen, und der Halbmesser des als eine Kugel betrachteten Mondes ist gleich

$$51821 \text{ Sin } 0° \, 15' \, 33.''73 = 234.585$$

Meilen, also seine Oberfläche 691530 Quadrat-, und sein Inhalt 54074200 Kubikmeilen, und daher sein Durchmesser $\frac{27}{100}$, seine Oberfläche $\frac{8}{100}$, und sein Inhalt $\frac{2}{100}$ von dem der Erde. Die Masse des Mondes ist $\frac{1}{70}$, und die Dichte $\frac{3}{5}$ von jener der Erde, und der Fall der Körper auf seiner Oberfläche in der ersten Secunde ist 2.8 Pariser Fuss.

Die bereits erwähnten Flecken des Mondes erkennt man durch Fernröhre sogleich als Berge und Thäler. Die Höhe mehrerer dieser Berge beträgt über eine geographische Meile, also im Verhältnisse der Durchmesser beyder Weltkörper nahe viermahl so viel, als die höchsten Berge der Erde. Man unterscheidet zwey Gattungen von Mondsgebirgen. Die Ringgebirge, wie Plato und Eudoxus, sind kreisrunde Flächen mit einem hohen Wall umschlossen, in deren Mittelpunct gewöhnlich ein isolirter kegelförmiger Berg steht. Die Bergadern, wie Tycho, Kepler und Kopernikus, sind hohe Bergrücken, von welchen nach allen Seiten lange Ketten von Gebirgen, wie Lichtstrahlen aus der Sonne, in die umliegenden Ebenen herabsteigen. Man sieht sie und ihre Schatten am besten zur Zeit der beyden Viertel des Mondes. Der grösste Theil von ihnen scheint vulkanischen Ursprunges zu seyn, und auf Revolutionen dieses Weltkörpers in der Vorzeit zu deuten, von denen unsere Stürme und Erdbeben nur schwache Bilder sind. Die Höhe dieser Berge oder die Tiefe dieser Thäler lässt sich auf verschiedene Weise messen. Wenn der Fuss des Berges sich genau in dem Rande der uns zugekehrten Seite des Mondes befindet, und seine Spitze über den Mondsrand hervorragt, so gibt die Messung dieser Unebenheiten unmittelbar das Verhältniss der Höhe des Berges, oder der Tiefe des Thales zu dem Durchmesser des ganzen Mondes, der nach dem Vorhergehenden 469 Meilen beträgt; eine Messung, die sich am besten bey Sonnenfinsternissen anstellen lässt, wo der gezackte Rand des schwarzen Mondes auf dem hellen Grunde der Sonne sehr deutlich erscheint. Eine zweyte Methode, die Höhe dieser Berge zu bestimmen, beruht auf der Mes-

sung der Entfernung der Lichtgrenze von den isolirten glänzenden Puncten, die in der Nachtseite des Mondes zerstreut liegen. Diese Puncte sind nämlich solche Berge, deren Gipfel bereits von der aufgehenden Sonne vergoldet werden, während ihr Fuss noch in dem Schatten der Nacht liegt, und es ist klar, dass die Höhe dieser Berge desto grösser seyn wird, je grösser die Entfernung ihres beleuchteten Gipfels von der Lichtgrenze ist. Die dritte Methode endlich ist auf die Schatten dieser Berge gegründet, die bey dem zunehmenden Monde alle links; und bey dem abnehmenden rechts fallen, und die kurz vor und nach dem Neumonde am längsten sind. Da die Höhe der Sonne über dem Horizont des Berges gleich der Entfernung des Berges von der Lichtgrenze ist, so kann man daraus die Höhe des Mondsberges eben so finden, wie wir die Höhe unserer Berge aus der Länge ihres Schattens, und der Höhe der Sonne über unserem Horizonte bestimmen. — Da die Sterne, welche der Mond in seinem Laufe bedeckt, an dem Rande desselben urplötzlich verschwinden, so hat er keine, oder doch nur eine äusserst geringe Atmosphäre. Auch beträgt, den Beobachtungen zu Folge, die Horizontalrefraction auf der Oberfläche des Mondes noch nicht zwey Secunden, während sie bey uns über einen halben Grad steigt, oder über neun hundert Mahl grösser ist. Seine Gestalt ist die einer trockenen Gypsmasse, und da man auf ihm auch nicht die kleinste ganz ebene Fläche entdeckt, so wird ihm auch das Wasser mangeln, welches ohne Atmosphäre nicht bestehen kann. Da sonach kein Thier der Erde auf dem Monde athmen und leben kann, so kann er nur von Wesen ganz anderer Art bewohnt seyn.

Weil der Wechsel der Jahreszeiten eines Planeten von dem Winkel seines Äquators mit der Bahn desselben abhängt, und dieser Winkel bey dem Monde nur 6.6 Grade beträgt, so werden die Jahreszeiten dieses Gestirns nur wenig verschieden seyn, und die Bewohner des Äquators haben die Sonne immer nahe bey ihrem Zenithe, so wie die der Polargegenden sie immer nahe an ihrem Horizonte erblicken. Auch der Tag ist für alle Orte des Mondes durch das ganze Jahr nur wenig von der Nacht verschieden, und die Dauer des Tages mit der darauf folgenden Nacht ist

genau der Dauer ihres Jahres von $29\frac{1}{2}$ unserer Tage gleich. Auch der Anblick des gestirnten Himmels wird für die Bewohner des Mondes sehr verschieden seyn. Sie sehen die Sonne und die Gestirne nicht alle vier und zwanzig Stunden, sondern erst alle neun und zwanzig Tage einmahl auf- und untergehen, und bey dieser langsamen Umwälzung des Himmels erblicken sie einen Weltkörper, unsere Erde, der alle übrigen an Grösse weit übertrifft, und allein unbeweglich immer dieselbe Stelle des Himmels einzunehmen scheint. Die Bewohner der Mitte der uns sichtbaren Hemisphäre sehen die Erde, welche ihnen an Oberfläche jene der Sonne nahe dreyzehn Mahl übertrifft, in ihrem Zenithe stehen; die Bewohner des Randes dieser Hemisphäre erblicken sie an ihrem Horizonte unbeweglich, und die Bewohner der von uns abgewendeten Hälfte des Mondes endlich können unsere Erde nicht sehen.

Vorlesung III.

Satelliten Jupiters.

Um Jupiter bewegen sich vier Monde, die gleich nach der Erfindung der Fernröhre, im Jahre 1610 von Galilei entdeckt wurden. Obschon man sie erst seit 150 Jahren mit Genauigkeit beobachtet, so haben sie uns doch, durch die Schnelligkeit ihrer Revolutionen, bereits alle die Veränderungen kennen gelehrt, welche in unserem Planetensystem, von dem jenes Satellitensystems ein treues Bild ist, erst in einer Reihe von vielen Jahrhunderten langsam entwickelt wurden.

Durch Messungen ihrer grössten Entfernungen von dem Mittelpuncte Jupiters fand man die halben grossen Axen ihrer Bahnen in Theilen des Jupitersäquators bey dem

I. Satelliten	5.8178
II.	9.2564
III.	14.7647
IV.	25.9686

oder da der Halbmesser Jupiters 9450 geographische Meilen hat,

I....	54980	Meilen
II....	87470	„
III....	139530	„
IV....	245400	„

Oft sieht man diese Satelliten plötzlich verschwinden, und nach einigen Stunden weiter östlich wieder erscheinen. Man erkannte bald, dass diese Mondsfinsternisse durch den Schatten Jupiters hervorgebracht werden, und dass daher diese Monde sowohl als ihr Hauptplanet dunkle Körper sind, die ihr Licht nur von der Sonne erhalten. Vor der Oppo-

sition, wenn Jupiter westlich von der Sonne steht und daher auch seine Schattenaxe westlich von der Gesichtslinie fällt, welche die Erde mit Jupiter verbindet, sehen wir die Eintritte der Satelliten in den Schatten ihres Hauptplaneten, aber die Austritte, wenigstens von den zwey nächsten Monden, sind unsichtbar, weil sie uns von der Scheibe des Planeten selbst bedeckt werden; nach der Opposition aber, wo der Schatten Jupiters östlich fällt, sind aus derselben Ursache nur die Austritte sichtbar. Nahe drey Monate vor oder nach der Opposition aber, wenn Jupiter in seiner Quadratur um sechs Uhr Morgens oder Abends durch den Meridian geht, hat die Schattenaxe gegen die Gesichtslinie eine so schiefe Richtung, dass man, wenigstens von den zwey entferntesten Satelliten nicht bloss die Eintritte, sondern auch die darauf folgenden Austritte sehen kann.

Mit guten Fernröhren sieht man auch diese Monde selbst auf der östlichen Scheibe Jupiters eintreten, auf derselben gegen West vorrücken, und an dem westlichen Rande der Scheibe wieder austreten. Man erkennt sie als kleine, runde, durch ihr helleres Licht und durch ihre Farbe von dem Grunde Jupiters unterschiedene Puncte. In grösseren Entfernungen von der Opposition sieht man diesen Satelliten auf der Scheibe Jupiters in einiger Entfernung östlich, andere, eben so grosse, aber dunkle Flecken folgen, die denselben Weg, wie jene, und mit derselben Geschwindigkeit zurücklegen, also die Schatten der Satelliten sind, welche sie auf ihren Hauptplaneten werfen. Diese Erscheinungen sind daher wahre Sonnenfinsternisse, welche die Satelliten auf der Oberfläche Jupiters verursachen.

Vergleicht man weit von einander entfernte, in der Nähe der Opposition Jupiters beobachtete Mittel der Finsternisse mit einander, so wird die Zwischenzeit mit der Anzahl der schon beynahe bekannten Revolution dividirt, die synodische Umlaufszeit S des Satelliten geben. Ist dann T die siderische und T′ die tropische Umlaufszeit Jupiters um die Sonne, so findet man die siderische Revolution des Satelliten durch den Ausdruck $\frac{TS}{T+S}$ und die tropische durch $\frac{T'S}{T'+S}$. Man erhielt so die Revolution

	synodische	siderische	tropische
I....	$1.^T769864$	$1.^T769138$	$1.^T769138$
II....	3.554093	3.551181	3.551180
III....	7.166385	7.154554	7.154547
IV....	16.753553	16.689018	16.688989

und daraus die täglichen tropischen mittleren Bewegungen

I.....$203.^\circ488992$
II.....101.374761
III..... 50.317646
IV..... 21.571106

und endlich die jovicentrischen mittleren Längen für den mittleren Pariser Mittag des 0 Januars 1801 (31 Dec. 1800)

I.....$222.^\circ74522$
II..... 8.86984
III.....171.93506
IV..... 4.42583.

Vergleicht man diese siderischen Revolutionen mit den oben gegebenen grossen Axen der Bahnen, so sieht man, dass die Bewegungen dieser Satelliten, so wie die der Planeten, dem dritten Gesetze Keplers (.I S. 54) unterworfen sind.

Diese Revolutionen und Epochen bilden, wenigstens für die drey ersten Satelliten, merkwürdige Verhältnisse. Man findet zuerst, dass 247 synodische Umläufe des ersten gleich 123 des zweyten, und gleich 61 synodischen Umläufen des dritten Mondes sind, dass nämlich alle drey zu der bemerkten Anzahl von Revolutionen nahe 437.0611 Tage brauchen, woraus folgt, dass nach 437.0611 Tagen die drey ersten Satelliten immer wieder nahe dieselbe Lage sowohl unter sich, als in Beziehung auf Jupiter und die Sonne haben.

Zieht man von den oben gegebenen täglichen tropischen Bewegungen die tägliche Präcession der Nachtgleichen oder $0.^\circ0000386$ ab, so erhält man die täglichen siderischen Bewegungen, die also für die drey ersten Monde sind:

tägliche siderische Bewegung

$$dl' = 203.^\circ488953$$
$$dl'' = 101.374722$$
$$dl''' = 50.317607.$$

Daraus folgt, dass

$$dl' + 2dl''' - 3dl'' = 0,$$

oder dass die mittlere siderische Bewegung des ersten, mehr der doppelten des dritten, immer gleich der dreyfachen des zweyten Satelliten sind. Dasselbe Verhältniss wird auch zwischen den synodischen Bewegungen Statt haben, da diese nur die Differenz der syderischen Bewegung des Satelliten und der siderischen Bewegung des Hauptplaneten ist.

Bezeichnet man eben so die gegebenen Epochen der jovicentrischen Längen der drey ersten Satelliten durch l', l'' und l''', so findet man

$$l' + 2l''' - 3l'' = 180°,$$

oder die mittlere Länge des ersten, mehr der doppelten des dritten, ist gleich der dreyfachen Länge des zweyten plus 180 Graden, ein Verhältniss, welches daher nicht bloss für die Zeit der Epoche (Anfang des Jahres 1801), sondern auch für alle Zeiten vor und nach dieser Epoche besteht. Daraus folgt, dass diese drey Satelliten nicht alle zugleich verfinstert werden können. Denn hat der II. und III. gleiche Längen, so steht der I. um 180° von ihnen entfernt. Hat der I. und III. gleiche Längen, so ist der II. um 60° von ihnen entfernt, und hat endlich der I. und II. gleiche Längen, so ist der III. um 90° von ihnen entfernt.

Um die Lage und Gestalt des Schattens zu finden, welchen eine dunkle Kugel, die von einer beleuchteten Kugel beschienen wird, nach sich wirft, sey a der Halbmesser der beleuchteten, und b der Halbmesser der dunklen Kugel, und c die Entfernung ihrer Mittelpuncte. Sey der Mittelpunct der leuchtenden Kugel der Anfang der Coordinaten x, y und z, von denen x in der Linie der c oder in der Schattenaxe liegt, und die beyden anderen y und z darauf senkrecht stehen. Dieses vorausgesetzt, findet man leicht für die Gleichung der Oberfläche des Schattens den Ausdruck

$$(y^2 + z^2)[c^2 - (a \mp b)^2] = [ac - x(a \mp b)]^2,$$

wo das obere Zeichen für den vollen, das untere aber für den halben Schatten gehört. Die Oberfläche beyder Schatten ist daher ein Kegel, und die Entfernung des Scheitels dieses Kegels von dem Mittelpuncte der leuchtenden Kugel

ist $\frac{ac}{a\mp b}$, so wie von dem Mittelpuncte der dunklen Kugel $\frac{\pm bc}{a\mp b}$. Der Halbmesser des kreisförmigen Schnitts des vollen und des halben Schattens, der durch eine Ebene entsteht, die senkrecht auf der Schattenaxe steht, und deren Entfernung von dem Mittelpuncte der dunklen Kugel r ist, wird seyn

$$\frac{\pm b(c+r)-ar}{\sqrt{c^2-(a\mp b)^2}}.$$

Endlich sind die krummen Linien, in welchen die beyden Kugeln von den zwey Schattenkegeln berührt werden, Kreise, deren Halbmesser

$$\sqrt{a^2-\frac{a^2}{c^2}(a\mp b)^2} \text{ und } \sqrt{b^2-\frac{b^2}{c^2}(b\mp a)^2} \text{ sind.}$$

Da aber die Abplattung Jupiters so beträchtlich ist, so wird man auch auf die dadurch veränderte Gestalt des Schattenkegels Rücksicht nehmen müssen. Wegen der geringen Neigung des Äquators dieses Planeten gegen seine Bahn, wird man die grosse Axe Jupiters als in der Bahn desselben liegend, und die kleine darauf senkrecht annehmen können, und eine auf die Schattenaxe senkrechte Ebene wird daher auch den Schattenkegel in einer Ellipse schneiden, deren grosse Axe in der Bahn Jupiters und die kleine darauf senkrecht ist. Heisst A der Winkel, unter welchem aus dem Mittelpuncte Jupiters die halbe grosse Axe dieses elliptischen Schattenschnitts erscheint, und ist $\alpha = \frac{1}{14}$ die Abplattung Jupiters, so ist die halbe kleine Axe des Schattenschnitts gleich $A(1-\alpha)$, und daher die Gleichung des Schattenschnitts selbst

$$\frac{y^2}{A^2}+\frac{z^2}{A^2(1-\alpha)^2}=1.$$

Ist nun β die Breite des Satelliten im Augenblicke der Conjunction, und λ die Länge desselben auf der Bahn Jupiters gezählt, und endlich m der Winkel, welchen der Sa-

tellit von dem Augenblicke der Immersion in den Schattenkegel bis zur Conjunction zurücklegt, so ist $m.\frac{d\beta}{d\lambda}$ die Änderung der Breite, während dieser Zwischenzeit, und daher $y = m$ und $z = \beta - m.\frac{d\beta}{d\lambda}$, also auch die vorhergehende Gleichung des Schattenschnitts

$$\frac{m^2}{A^2} + \frac{\left(\beta - \frac{m\,d\beta}{d\lambda}\right)^2}{A^2(1-\alpha)^2} = 1, \text{ oder}$$

$$(A^2 - m^2)(1-\alpha)^2 = \left(\beta - \frac{m\,d\beta}{d\lambda}\right)^2,$$

woraus man annähernd erhält

$$m = \frac{\beta\,d\beta}{(1-\alpha)^2\,d\lambda} \pm \frac{\sqrt{A^2(1-\alpha)^2 - \beta^2}}{1-\alpha},$$

das untere Zeichen für die Emersion. Daraus folgt, dass der ganze Winkel, welchen der Satellit um Jupiters Mittelpunct während der ganzen Dauer der Finsterniss zurücklegt, gleich

$$\frac{2\sqrt{A^2(1-\alpha)^2 - \beta^2}}{1-\alpha} \text{ ist.}$$

Nennt man also S die synodische Bewegung des Satelliten, in der Einheit der Zeit A ausgedrückt, und T die ganze Dauer der Finsterniss, so ist

$$T = \frac{2\sqrt{A^2(1-\alpha)^2 - \beta^2}}{(1-\alpha).S},$$

und diese Gleichung gibt die Dauer T der Finsterniss, wenn die Breite β in der Conjunction, oder diese Breite, wenn die Dauer der Finsterniss bekannt ist. Aus dem Vorhergehenden folgt zugleich, dass die Länge des Satelliten zur Zeit der Immersion ist

$$\lambda - \frac{\beta\,d\beta}{d\lambda} \mp \frac{\sqrt{A^2(1-\alpha)^2 - \beta^2}}{1-\alpha},$$

das untere Zeichen für die Emersion, und dass daher diese Länge zur Zeit der Mitte der Finsterniss gleich

$$\lambda - \frac{\beta\,d\beta}{d\lambda} \text{ ist.}$$

Nennt man n und k die Neigung und die Länge des Knotens der Satellitenbahn mit der Bahn des Hauptplaneten, so ist

$$\mathrm{tg}\,\beta = \mathrm{tg}\,n\,\mathrm{Sin}\,(\lambda - k),$$

also auch $\frac{d\beta}{d\lambda} = \mathrm{tg}\,n\,\mathrm{Cos}\,(\lambda - k)\,\mathrm{Cos}^2\beta$,

und daher auch die Länge des Satelliten zur Zeit der Mitte der Finsterniss

$$\lambda - \frac{1}{2}\,\mathrm{tg}^2\,n\,\mathrm{Cos}\,(\lambda - k)\,\mathrm{Cos}^2\beta,$$

wo λ die Länge desselben zur Zeit der Conjunction ist. Die jovicentrische Länge der Satelliten lässt sich auch auf folgende Art finden.

Ist L die Länge der Sonne, und λ, β die geocentrische Länge und Breite Jupiters zur Zeit der Mitte der Finsterniss, R und ρ die Entfernung der Erde von der Sonne und von Jupiter und ϖ die jährliche Parallaxe (I. S. 120) Jupiters für dieselbe Zeit, so ist

$$\mathrm{Cos}\,\psi = \mathrm{Cos}\,\beta\,\mathrm{Cos}\,(L - \lambda),\ \mathrm{Cotg}\,\varpi = \frac{\rho - R\,\mathrm{Cos}\,\psi}{\rho\,\mathrm{Sin}\,\psi},$$

und die jovicentrische Länge des Satelliten $= \lambda - \varpi$.

Die Neigung n der Bahn des Satelliten gegen die Bahn des Hauptplaneten findet man aus der Gleichung

$$n = \frac{360}{T} \cdot \sqrt{t^2 - t'^2},$$

wo t und t′ die beobachtete halbe grösste und kleinste Dauer der Finsternisse dieses Satelliten, und T die synodische Revolution desselben bezeichnet. Kennt man überhaupt zwey Breiten β und β' des Satelliten und die ihnen entsprechende Differenz $\lambda - \lambda'$ seiner Längen, so findet man daraus n und k nach den Gleichungen (I. S. 149).

Die Beobachtungen geben die grösste Dauer der Finsternisse für den

I. Satelliten	2.26222	Stunden
II.	2.86778	„
III.	3.56111	„
IV.	4.74889	„

Die Neigungen der Bahnen dieser Satelliten gegen den Äquator Jupiters sind sämmtlich sehr gering, so dass man

sie anfangs als in diesem Äquator liegend voraussetzte. Die Länge des aufsteigenden Knotens des Jupitersäquators mit der Bahn dieses Planeten ist für den Anfang des Jahres 1801 gleich 314.°465, und die Neigung desselben gegen die Jupitersbahn 3.°092. Jene Knoten gehen jährlich gegen die Fixsterne um 0.°000073 zurück, und diese Neigung nimmt jährlich um 0.°000006 ab. Um die veränderlichen Lagen der Satellitenbahnen darzustellen, nimmt man, den Beobachtungen gemäss, für jeden Satelliten eine fixe Ebene an, auf welcher sich dann die wahre Bahn des Satelliten gleichförmig bewegt. Diese fixe Bahn liegt zwischen dem Äquator und der Bahn Jupiters, und behält mit diesen beyden Ebenen immer eine gemeinschaftliche Durchschnittslinie. Diese fixen Bahnen haben gegen den Jupitersäquator eine constante Neigung, und da sie immer dieselbe Knotenlinie mit dem Äquator und der Bahn Jupiters haben, so sind sie auch denselben jährlichen Änderungen unterworfen, d. h. die Knoten der fixen Bahnen gehen jährlich gegen die Fixsterne um 0.°000073 zurück, und ihre Neigung gegen die Jupitersbahn nimmt jährlich um 0.°000006 zu. Nach den Beobachtungen ist die Neigung der fixen Satellitenbahn gegen den Äquator Jupiters, also auch gegen die Bahn Jupiters

I.	0.°002	3.°090
II.	0.018	3.074
III.	0.084	3.008
IV.	0.409	2.683.

Die Neigungen und Knoten der wahren Satellitenbahnen gegen diese fixen Bahnen aber sind für den Anfang des Jahres 1801

	Neigung	Länge des aufsteigenden Knotens der wahren Bahn gegen die fixe	jährliche siderische retrograde Bewegung der Knoten
I.	0.°000	0.°000	0.°000
II.	0.464	12.880	12.0483
III.	0.205	222.978	2.5538
IV.	0.249	70.479	0.6914.

Die Ungleichheiten der Bewegungen, welchen diese Satelliten unterworfen sind, sind theils nur scheinbar, welche von den Stellungen dieser Monde gegen uns, theils wahre, welche von den Störungen derselben unter sich abhängen.

Geht man von einer beobachteten Finsterniss aus, die zur Zeit, als Jupiter in seinem Perihelium war, Statt hatte, so würde man die Zeiten aller folgenden Finsternisse durch eine blosse Addition der synodischen Umlaufszeit des Satelliten finden, wenn die Bewegung Jupiters in seiner Bahn gleichförmig wäre. Da aber die wahre Bewegung Jupiters in seiner Sonnennähe grösser ist, als die mittlere, so wird die nächstfolgende Finsterniss später eintreten, als nach der erwähnten Rechnung, und zwar um die Zeit Θ, welche der Satellit braucht, mit seiner mittleren synodischen Bewegung den Bogen zu durchlaufen, welcher der Mittelpunctsgleichung Jupiters für diesen Ort seiner Bahn gleich ist. Ist nämlich T die tropische, und S die synodische Umlaufszeit des Satelliten, und ω der Bogen, den Jupiter in seiner Bahn während der Zeit S zurücklegt, so beschreibt der Satellit während der Zeit T den Bogen 360° und während der Zeit S den Bogen $360° + \omega$, also ist

$$S = \left(\frac{360 + \omega}{360}\right) T,$$

oder S desto grösser, je grösser ω ist.

Bezeichnet daher $d\omega$ die Mittelpunctsgleichung Jupiters, so ist $\Theta = \frac{S\, d\omega}{360}$. Ist aber ε die Excentricität der Jupitersbahn und m seine mittlere Anomalie vom Perihelium gezählt, so ist (I. S. 62)

$$d\omega = \frac{2\varepsilon}{\operatorname{Sin} 1''} \operatorname{Sin} m = 5°.510 \operatorname{Sin} m.$$

Substituirt man daher für S die S. 65 gegebenen synodischen Revolutionen, so erhält man für die gesuchte Correction jeder nächstfolgenden Finsterniss die Ausdrücke

für den	I. Satelliten .... Θ =	$0.^h650$ Sin m
	II.	1 305 Sin m
	III.	2.640 Sin m
	IV.	6.156 Sin m.

Man bemerkte ferner, dass diese Finsternisse früher oder später, als selbst nach der vorhergehenden verbesserten Rechnung eintreten, wenn Jupiter näher oder weiter von der Erde abstand, und dass sie überhaupt zur Zeit der Opposition Jupiters mit der Sonne um nahe $0.^h274$ früher Statt hatten, als in der Conjunction. Da aber dieser Planet in der Opposition nahe um den Durchmesser der Erdbahn näher bey uns ist, als in der Conjunction, so fand schon Römer die Ursache dieser Verschiedenheit in der successiven Fortpflanzung des Lichtes, welches also 0^h137 braucht, den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Nennt man A die Länge der Sonne weniger der heliocentrischen Länge Jupiters, r und R die Entfernungen Jupiters und der Erde von der Sonne, und ρ die Entfernung Jupiters von der Erde, so ist

$$\rho = \sqrt{r^2 + R^2 - 2\,r\,R\,\mathrm{Cos}\,A},$$

oder wenn man die dritten Potenzen von $\frac{1}{r}$ vernachlässiget,

$$\rho = r + \frac{R^2}{4\,r} - R\,\mathrm{Cos}\,A\left(1 - \frac{R^2}{8\,r^2}\right) - \frac{R^2}{4\,r}\,\mathrm{Cos}\,2\,A - \frac{R^3}{8\,r^2}\,\mathrm{Cos}\,3\,A.$$

Ist aber a und a ε die halbe grosse Axe und die Excentricität der Jupitersbahn, und m die mittlere Anomalie dieses Planeten vom Perihelium gezählt, und bezeichnet man für die Erde dieselben Grössen durch 1, E und M, so hat man (I. S. 60)

$$r = a\,(1 - \varepsilon\,\mathrm{Cos}\,m) \text{ und } R = 1 - E\,\mathrm{Cos}\,M,$$

also auch, wenn man diese Werthe in dem vorhergehenden Ausdrucke substituirt,

$$\rho = a + \frac{1}{4\,a} - \varepsilon\,\mathrm{Cos}\,m\left(a - \frac{1}{4\,a}\right) - \mathrm{Cos}\,A\left(1 - \frac{1}{8\,a^2}\right)$$
$$- \frac{1}{4\,a}\,\mathrm{Cos}\,2\,A - \frac{1}{8\,a^2}\,\mathrm{Cos}\,3\,A + E\,\mathrm{Cos}\,M\,\mathrm{Cos}\,A,$$

und dieser Ausdruck mit der Zeit 0^h137 multiplicirt, wird die Zeit geben, um welche die Finsternisse in der Entfernung ρ später gesehen werden, als wenn die Geschwindigkeit des Lichts unendlich gross wäre. Substituirt man in dieser Gleichung die (S. 6) gegebenen Werthe von a, ε und E, so erhält man für die sogenannte Lichtgleichung den Ausdruck

$$0.^h137\,\rho = 0.^h719 - 0.^h034\,\mathrm{Cos}\,m - 0.^h136\,\mathrm{Cos}\,A$$
$$- 0.^h007\,\mathrm{Cos}\,2\,A - 0.^h001\,\mathrm{Cos}\,3\,A + 0.^h002\,\mathrm{Cos}\,M\,\mathrm{Cos}\,A.$$

Die wahren Ungleichheiten endlich, welche diese Satelliten durch ihre gegenseitigen Störungen, und durch die Einwirkung der Sonne, so wie durch die starke Abplattung Jupiters erleiden, können hier nicht näher entwickelt werden. Sie werden besonders durch die (S. 66) erwähnte Commensurabilität der Umlaufszeiten der drey ersten Satelliten vergrössert, wovon wir die Ursache später kennen lernen werden. Die Beobachtungen haben übrigens an der Bahn des ersten und des zweyten Mondes keine merkbare Excentricität gezeigt, aber bey dem dritten kann sich die elliptische Mittelpunctsgleichung auf 0.° 15 und bey dem vierten auf 0.° 83 erheben.

Die Länge des Perijoviums ist für das Jahr 1750 bey den dritten Satelliten 309°. 44 und bey den vierten 180.° 34. Die jährliche directe siderische Bewegung des Perijoviums ist bey dem dritten 2.° 611 und bey dem vierten 0.° 716. Die Masse dieser Satelliten in Theilen der Masse Jupiters ausgedrückt, sind

$$I = 0.0000173, \quad II = 0.0000232,$$
$$III = 0.0000885, \quad IV = 0.0000427.$$

Dass uns diese Satelliten ein bequemes und oft wiederkommendes Mittel geben, die geographische Länge zu bestimmen, ist bereits oben erwähnt worden. Die Beobachtung ihrer Finsternisse gibt uns auch wenigstens eine erste genäherte Kenntniss der Entfernung Jupiters von der Erde. Denn zur Zeit der Mitte der Finsterniss ist der Satellit, aus dem Mittelpuncte Jupiters gesehen, sehr nahe in Opposition mit der Sonne, oder seine jovicentrische Länge ist gleich der heliocentrischen, durch unsere Tafeln gegebenen Länge Jupiters, und die directe Beobachtung oder die Sonnentafeln geben die Länge der Erde für dieselbe Zeit. In dem ebenen Dreyecke zwischen Sonne, Erde und Jupiter kennt man also den Winkel an der Sonne, und durch die Beobachtung den Winkel an der Erde, also auch die beyden Entfernungen Jupiters von der Sonne und von der Erde in Theilen der bekannten Entfernung der Erde von der Sonne.

Die Durchmesser der Satelliten, wie sie in ihren mitt-

leren Entfernungen aus dem Mittelpuncte Jupiters gesehen werden, sind nach Schröters Messungen

I = 0.°554, II = 0.287, III = 0.316 und IV = 0.125.

Daraus folgt der wahre Durchmesser dieser Monde in geographischen Meilen ausgedrückt

I = 560, II = 460, III = 810 und IV = 570.

Von der Erde gesehen, erreichen diese Durchmesser noch nicht die Grösse von zwey Secunden, und nach Struve's neuesten Messungen betragen diese Durchmesser, in der mittleren Distanz (5.20279) Jupiters von der Erde bey den

I = 1.″02, II = 0.″91, III = 1.″49 und IV = 1.″27.

(Astr. Nachr. VI. Vol.) Man würde diese Durchmesser noch genauer durch die Beobachtungen des Ein- und Austritts der Satelliten und ihrer Schatten auf der Scheibe Jupiters bestimmen können. Herschel fand, dass sie sich durch ihre Farbe unterscheiden, indem das Licht des I und III hellweiss, des II bläulich aschgrau und des IV trüb orangefarbig ist. Während dem Vorübergange dieser Monde vor der Scheibe ihres Hauptplaneten bemerkte er in dem lichten Kreise des Mondes einen grauen Flecken, der den Ort des Satelliten nicht verliess, und mit ihnen dieselbe Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung hatte. Der vierte erscheint immer gleich nach seinem Durchgange hinter den Planeten oder nach seiner Opposition am hellsten, wird in grösseren Entfernungen vom Jupiter dunkler, und am schwächsten gleich nach seiner Conjunction mit der Sonne, woraus folgt, dass er seine hellere Hemisphäre stets dem Jupiter zukehrt, und dass er, so wie wahrscheinlich auch alle übrigen Satelliten, gleich unserem Monde, in derselben Zeit um seinen Hauptplaneten geht, in welcher er sich um sich selbst dreht.

Die Bewohner der dem Jupiter zugekehrten Seite des ersten Satelliten sehen den Durchmesser dieses Planeten unter einem Winkel von 19.° 8, also um 37 mahl grösser, als uns der Durchmesser der Sonne, oder in der Oberfläche 1400 mahl grösser, als uns die Sonne erscheint. Diese grosse Scheibe scheinet ihnen unbeweglich an derselben Stelle des Himmels zu stehen, während die Sonne und alle anderen Gestirne hinter ihr vorüberziehn. Sie bringen

aber auch immer einen grossen Theil ihrer Mittage in dem Schatten dieses Planeten zu. Da aber auch Jupiter selbst zu derselben Zeit nur seine beschattete Seite diesen Monden zuwendet, so können die dunklen Nächte dieses Planeten nicht von dem Vollmonde der Satelliten erleuchtet werden, und die Bewohner Jupiters lernen ihre Monde nur in zu- oder abnehmendem Lichte kennen. Auf dem II. Satelliten erscheint Jupiter unter einem Durchmesser von 12.°4, auf dem dritten von 7.°8, und auf dem vierten von 4.°4. Der Durchmesser der Sonne aber erscheint dem Jupiter und seinen Monden nur unter dem Winkel von 0.°103, daher den vier Satelliten die Oberfläche ihres Hauptplaneten in der Ordnung 37000, 14600, 5800 und 1800 mahl grösser, als die Oberfläche der Sonne erscheint. Endlich ist noch

mittlere Bewegung in einer Secunde	Dichte in Theilen der Dichte der Erde	Fall der Körper auf ihrer Oberfläche in einer Secunde
I..2.4 geogr. Meilen	0.2	0.8 Par. Fuss
II..1.9	0.4	1.6
III..1.5	0.3	2.0
IV..1.2	0.4	1.9

Noch ist übrig, zu zeigen, wie man auf eine einfache Art für jede gegebene Zeit die Conjunction oder die Lage dieser Satelliten gegen die ihres Hauptplaneten darstellen kann. Ist (Fig. 12) I der Mittelpunct Jupiters von den Bahnen seiner vier Monde umgeben, deren Kreise in 360 Grade eingetheilt sind, so kann man aus den oben gegebenen Epochen und mittleren Bewegungen oder aus den Tafeln dieser Satelliten für jeden gegebenen Tag die mittlere und wahre Länge, und also auch den Ort I, II, III und IV jedes Satelliten in seiner Bahn angeben, wenn ♈ ♎ die Linie der Nachtgleichen bezeichnet. Aus der für diesen Tag bekannten Länge der Sonne S findet man die Lage der Linie IS, und wenn SIT die jährliche Parallaxe (I. S. 120) Jupiters ist, auch die Lage IT der Erde T. Diess vorausgesetzt, wird die Schattenaxe Jupiters die Lage SI haben, und die Erde T wird den Mittelpunct Jupiters in I und die Orte der vier Monde auf der Linie AB, die senkrecht auf TI steht,

projicirt sehen. Zieht man daher von den gefundenen Orten I, II, III und IV dieser Monde in ihren Bahnen die Lothe I 1, II 2, III 3 und IV 4, auf die Linie AB, so werden die Puncte 1, 2, 3 und 4 die gesuchte Configuration dieser Monde geben. In den Ephemeriden wird diese Lage der vier Satelliten durch vier Puncte mit den Ziffern 1, 2, 3 und 4 angezeigt, und diese Ziffer werden auf die Seite des Punctes gestellt, nach welchem die Bewegung des Satelliten gerichtet ist, so dass z. B. die Ziffer zwischen dem Punct und Jupiter steht, wenn der Mond sich dem Jupiter nähert. Ist für dieselbe Zeit der Mond vor oder hinter der Scheibe Jupiters, so wird er mit seiner Ziffer am Rande der Zeichnung durch einen kleinen hellen oder schwarzen Kreis angezeigt. Genauere Mittel, diese Configuration anzugeben, findet man in m. Astr. II. Th. S. 240 und in Connoiss. des tems 1808.

Vorlesung V.

Satelliten der Planeten Saturn und Uranus und Ring Saturns.

Den Saturn umgeben sieben Monde, welche aber, den sechsten ausgenommen, der an Grösse den Mars übertrifft, sämmtlich so klein und so weit von uns entfernt sind, dass sie nur durch sehr gute Fernröhre wahrgenommen werden können, aus welchen Ursachen auch die Theorie ihrer Bewegungen noch sehr unvollkommen ist. Ihre Epochen, Umlaufszeiten und Distanzen sind folgende:

	Epochen für 1788.0	Siderische Umlaufszeiten	Mittlere Distanz von dem Mittelpuncte Saturns	Mittlere Distanz in Theilen des Halbmessers Saturns	Durchmesser in geographischen Meilen
I	65.°02	0.T94271	28.″67	3.35	....
II	307.48	1.37024	36.″79	4.30	....
III	131.91	1.88780	43.5	5.28	142
IV	173.95	2.73948	56.0	6.82	142
V	93.86	4.51749	78.0	9.52	360
VI	132.41	15.94530	180.0	22.08	1046
VII	196.84	79.32960	522.5	64.36	618

Man bemerkt daher auch bey ihnen die Bewegung nach dem dritten Gesetze Keplers.

Nach den Beobachtungen fallen die Ebenen der Bahnen der sechs ersten Satelliten mit der Bahn des Ringes (Vorlesung V) nahe zusammen, während sich die des siebenten merklich davon entfernt, eine Erscheinung, die wahrscheinlich eine Folge der Abplattung Saturns ist, durch wel-

che die Bahnen der sechs ersten Monde, so wie der Ring selbst, beständig in der Ebene seines Äquators erhalten, werden. Die Neigung jener sechs Bahnen gegen die Saturnsbahn ist 27.°00 und gegen die Ecliptik 28.°37. Die Länge ihrer gemeinschaftlichen aufsteigenden Knoten aber ist für das Jahr 1800 in der Saturnsbahn 170.°83, und gegen die Ecliptik 166.°84, und beyde nehmen jährlich in Beziehung auf die Äquinoctialpuncte nahe um 0.° 0113 zu. Die Bahn des siebenten Satelliten aber ist gegen den Äquator Saturns um 12°, gegen die Saturnsbahn um 23°, und gegen die Ecliptik um 25° geneigt, und die Länge ihres aufsteigenden Knotens mit der Saturnsbahn beträgt 148° und mit der Ecliptik 145°. Diese grossen Neigungen sind die Ursache, warum diese Monde viel seltner verfinstert werden, als die Satelliten Jupiters. Die Excentricitäten dieser Bahnen haben uns die Beobachtungen noch nicht kennen gelehrt, ausser bey der sechsten, wo sie 0.049 der halben grossen Axe betragen soll. Die oben nach Schröter angegebenen Durchmesser dieser Monde sind, wegen ihrer Entfernung, nur sehr schwer mit einiger Genauigkeit zu bestimmen; besonders der des ersten, der wahrscheinlich der kleinste der uns bekannten Körper des Sonnensystems, und, so wie der zweyte, bisher nur von Herschel gesehen worden ist. Die grossen Distanzen zwischen den 5. und 6., so wie zwischen den 6. und 7. Satelliten lassen vermuthen, dass daselbst noch mehrere Monde sich um ihren Hauptplaneten bewegen. Bey dem siebenten hat man bemerkt, dass er auf der Ostseite immer heller erscheint, als in der Nähe seiner westlichen Digression, ein Lichtwechsel, der auch bey mehreren anderen Statt zu haben scheint, und aus welchen auch bey diesen Monden die Gleichheit ihren Revolutionen und Rotationen (S. 57) folgen würde.

Noch unbekannter sind uns die sechs Satelliten des Uranus. Nach Herschel, der sie bisher allein mit einiger Sorgfalt verfolgte, hat man

	Siderische Umlaufszeiten	Mittlere Entfernungen von dem Mittelpunete Uranus	Mittlere Entfernungen in Theilen des Halbmessers Uranus
I	5.^{T}8926	25.″5	13.12
II	8.7068	33.1	17.01
III	10.9611	38.6	19.84
IV	13.4559	44.2	22.75
V	38.0750	88.5	45.51
VI	107.6944	172.9	91.01

so dass also auch von ihnen das dritte Gesetz Keplers beobachtet wird. Die Bahnen dieser Satelliten stehen alle auf der Uranusbahn nahe senkrecht, und wenn, wie es sehr wahrscheinlich ist, die Ebenen dieser Bahnen mit der Ebene des Äquators des Uranus zusammenfallen, so ist die Schiefe der Ecliptik bey diesem Planeten auch sehr nahe ein rechter Winkel. Diese ganz abnorme Einrichtung des entferntesten unserer Planeten wird allen Unterschied der Klimate der verschiedenen Zonen desselben aufheben, und dafür den Unterschied der Jahreszeiten zu den grösstmöglichen machen. (Vergl. I. S. 44.) Nach dieser Einrichtung werden alle Puncte der Oberfläche dieses Planeten, auch die beyden Pole desselben, in dem Laufe ihres langen Jahres, die Sonne wenigstens einmahl in ihrem Zenithe haben. Wenn die Sonne im Äquator steht, so sehen sie die Bewohner des Äquators in ihrem Zenith, und sie theilt, wie bey uns, Tag und Nacht in zwey gleiche Theile. Aber bald nach dieser Epoche werden die nur wenig von dem Äquator entfernten Zonen schon sehr lange Tage oder Nächte haben, und diese Länge des Tages oder der Nacht wird für die Polargegenden des Uranus volle 42 unserer Jahre betragen.

Der Bewohner des Poles wird zur Zeit seines Sommers die Sonne lange beynahe unbeweglich in seinem Zenithe stehen, und darauf nahe eines unserer Jahre sie nur sehr kleine Kreise um sein Zenith beschreiben sehen, während der Bewohner des Äquators die Sonne in der Zeit von 84 unserer Jahre zweymahl senkrecht über sich erblicken, und zweymahl wieder zu seinem Horizont sich herabsenken

sehen wird. Verbindet man damit eine Entfernung dieses Planeten von der Sonne von nahe 400 Millionen Meilen, eine Entfernung, in welcher diesem Planeten die Sonne nur mehr, wie uns die Venus, erscheint, und in welcher die Beleuchtung dieses Gestirns über 360 mahl schwächer ist, als die unseres Tageslichtes, so lässt sich nicht zweifeln, dass die Bewohner dieser äussersten Grenzen unseres Planetensystems von den Geschöpfen unserer Erde sehr verschieden seyn werden.

Saturn ist neben seinen sieben Satelliten noch mit einem doppelten concentrischen kreisförmigen Ringe umgeben, dessen Daseyn zuerst von Huyghens im Jahre 1655 erkannt wurde. Beyde Ringe liegen nahe in der durch den Mittelpunct Saturns gehenden, mit dem Äquator desselben zusammenfallenden Ebene. Ihre Dimensionen sind nach Struves Messungen (Astr. Nachr. Vol. VI) für die mittlere Distanz (9.53877) des Planeten von der Sonne oder von der Erde folgende. Von dem äusseren Ringe ist der äussere und innere Halbmesser, vom Mittelpuncte Saturns gemessen, A = 20."047 und B = 17.644, von dem inneren Ringe aber ist der äussere Halbmesser a = 17."237 und der innere b = 13.334, und endlich der Äquatorialhalbmesser Saturns selbst r = 8."995. Daraus folgt die Breite des äusseren Ringes A — B = 2."403 und die des inneren a — b = 3."903; die Breite der Spalte zwischen den beyden Ringen B — a = 0.408; der Abstand des inneren Randes des inneren Ringes von der Oberfläche Saturns b — r = 4.339, und endlich die Totalbreite beyder Ringe A — b = 6."713. Multiplicirt man diese Zahlen durch

$$\frac{8580}{9.022} = 951,$$

so erhält man jene Dimensionen in geographischen Meilen ausgedrückt.

Nach Bessel (Astr. Jahrb. 1829) ist die unveränderliche Neigung des Ringes gegen die Saturnsbahn 27.°0025, und wenn t das Jahr unserer Zeitrechnung bezeichnet, die Neigung desselben gegen die Ecliptik 28.°367 — 0.°000105 (t — 1800). Die Länge des aufsteigenden Knotens der Ringebene auf der Saturnsbahn ist 170.°8317 + 0.01139 (t — 1800), und auf der Ecliptik 166.°8447 + 0.01129 (t — 1800). Wegen dieser

Neigung des kreisförmigen Ringes gegen die Ecliptik erscheint er, aus der Sonne sowohl, als aus der Erde gesehen, als eine Ellipse. Nennt man a und b die halbe grosse und kleine Axe dieser Ellipse, n und k die Neigung und Knotenlänge ihrer Ebene in Beziehung auf die Ecliptik, und l, p die heliocentrische, so wie λ, π die geocentrische Länge und Distanz Saturns von dem Pole der Ecliptik, so hat man für die aus der Sonne gesehene Gestalt des Ringes

$$\frac{b}{a} = \text{Sin}\, n\, \text{Sin}\, p\, \text{Sin}\,(k - l) + \text{Cos}\, n\, \text{Cos}\, p,$$

wo $\frac{b}{a}$ negativ ist, wenn die Nordseite des Ringes von der Sonne beleuchtet wird, und umgekehrt. Ist b = o; so ist, Sin (l — k) = Cotg n Cotg p, oder der Ring verschwindet, erscheint nur als eine gerade Linie, wenn seine erweiterte Ebene durch die Sonne geht.

Eben so hat man für die von der Erde gesehene Gestalt des Ringes

$$\frac{b}{a} = \text{Sin}\, n\, \text{Sin}\, \pi\, \text{Sin}\,(k - \lambda) + \text{Cos}\, n\, \text{Cos}\, \pi,$$

wo $\frac{b}{a}$ negativ ist, wenn die Nordseite des Ringes gegen die Erde gekehrt ist. Für b = o ist Sin (λ — k) = Cotg n Cotg π, oder der Ring verschwindet uns, wenn die erweiterte Ebene desselben durch den Mittelpunct der Erde geht. Endlich ist der Ring für die Erde auch dann noch unsichtbar, wenn der Werth von b der ersten Gleichung mit dem der zweyten Gleichung entgegengesetzte Zeichen hat, weil dann die von der Sonne beleuchtete Seite des Ringes von der Erde abgekehrt ist. Beträgt der Bogen (k — λ) einen oder drey rechte Winkel, so ist

$$\frac{b}{a} = \text{Cos}\,(n - \pi),$$

woraus man daher, wenn man zu dieser Zeit a und b gemessen hat, die Neigung n des Ringes gegen die Ecliptik erhält. Die Länge k des aufsteigenden Knotens der Ringebene in der Ecliptik erhält man, wenn man die Länge λ und Poldistanz π Saturns zu der Zeit beobachtet, wo die Ringebene durch die Erde geht, weil dann, nach dem Vorhergehenden,

$\sin(\lambda - k) = \text{Cotg}\, n\, \text{Cotg}\, \pi$ und n bereits bekannt ist. Nach Struve's neuesten Messungen ist die Neigung der Ringebene gegen die Ecliptik für das Jahr 1826 gleich 28.°098, unter der Voraussetzung, dass die Dicke des Ringes als verschwindend angesehen wird. Nach Schröters Beobachtungen soll diese Dicke in der mittleren Entfernung Saturns 0."125 seyn. Setzt man in der letzten Gleichung $n = 28.°367$, $a = 20."107$ und $\pi = 90°$, so ist $b = a \sin n = 9."55$ der grösste Werth, den die kleine Axe des äussersten elliptischen Umfanges des Ringes erreichen kann.

Die Kraft, welche diese Ringe um ihren Planeten frey schwebend erhält, kann nicht in dem einfachen Zusammenhange ihrer Theile, sondern muss in den allgemeinen Gesetzen des Gleichgewichtes gesucht werden. Um dieses Gleichgewicht möglich zu machen, müssen die Ringe eine Rotation haben, damit die Schwere derselben durch ihre Schwungkraft aufgehoben werde. Aus den Beobachtungen einiger vorzüglich glänzender Puncte, wahrscheinlich Berge, auf der Fläche dieser Ringe fand Herschel eine Rotation derselben von 0.44 Tagen von West gegen Ost, in welcher Zeit sich auch Saturn selbst um seine Axe dreht. Diese Berge und Unebenheiten des Ringes scheinen selbst zur Erhaltung des Gleichgewichtes desselben nothwendig zu seyn, da bey einer vollkommenen Gleichförmigkeit aller seiner Theile schon die geringste äussere Einwirkung, z. B. die eines Satelliten, hinreichen würde, die Lage des Ringes zu stören und ihn auf den Planeten zu stürzen. Man bemerkt diese Berge besonders zu der Zeit, wo der Ring nur als eine gerade Linie erscheint. Die Höhe derselben soll nach Schröter 200 und mehr geographische Meilen betragen, und denselben oft an der anderen Seite des Ringes ein anderer, eben so hoher entgegenstehen, so dass diese Berge gleichsam durch den Ring durchzugehen scheinen. Dass endlich Saturn und seine Ringe dunkle Körper sind, die ihr Licht nur von der Sonne erhalten, folgt schon daraus, dass man auf der Oberfläche des Planeten den Schatten des vorderen Bogens des Ringes, so wie auch auf dem von uns abgekehrten Theile des Ringes den Schatten des Planeten deutlich sieht, wenn

die Lage desselben gegen unser Auge die zu diesen Erscheinungen nöthige Schiefe hat.

Die Bewohner des ersten Satelliten sehen den Durchmesser Saturns unter dem Winkel von 25, und den des Ringes sogar unter dem Winkel von 55 Graden. Da der Ring in der Ebene des Äquators des Planeten liegt, so kann er von den Tropenländern Saturns nicht gesehen werden, weil er diesen nur die innere, von der Sonne nie beleuchtete Kante zuwendet, mit seiner Dicke eine breite Zone des Himmels bedeckt, und zugleich die in der Ebene dieses Ringes sich bewegenden Satelliten ganz unsichtbar macht. Eben so wenig kann der Ring den Bewohnern der beyden Polargegenden sichtbar seyn, da er immer unter ihrem Horizont liegt. Erst in der Entfernung von 35 Graden von den Polen wird er in seiner ganzen Breite, unter einem Winkel von 13 Graden, und zwar in der Nähe des Horizontes sichtbar. Nicht minder nachtheilig, als die Sichtbarkeit, scheint seine Beleuchtung zu seyn. Zur Zeit der Äquinoctien, alle 15 unserer Jahre, beleuchtet die Sonne nur die äussere, von Saturn abgekehrte Kante des Ringes. Zu allen andern Zeiten aber ist er nur auf jener Seite des Äquators beleuchtet, auf welcher zugleich die Sonne steht, während er der Hemisphäre, die eben Winter hat, unsichtbar ist, und ihnen einen grossen Theil des gestirnten Himmels bedeckt, so dass dort ganze grosse Zonen Jahre lang dauernde totale Finsternisse haben. Selbst diese Beleuchtung der Sommerhemisphäre hat nur bey Tage Statt, weil in der darauf folgenden Nacht der vorhin beleuchtete Theil des Ringes in den Schatten tritt, welchen die Nachtseite Saturns hinter sich wirft. Diese Umstände, verbunden mit den fünfzehnjährigen Wintern und den eben so langen Nächten, mit den weit verbreiteten und so lange dauernden Finsternissen, und mit der hundertmahl schwächeren Beleuchtung der kleinen Sonne setzen ohne Zweifel Bewohner dieser Körper voraus, die von denen unserer Erde sehr verschieden seyn werden.

Vorlesung VI.

Kometen.

Die Kometen unterscheiden sich von den Planeten durch ihre meistens schwach begrenzte, nebliche, gewöhnlich in einen Schweif auslaufende Gestalt, und durch die grosse Excentricität ihrer Bahnen, die alle Neigungen gegen die Ecliptik von 0 bis 180° annehmen. Sie enthalten oft einen Kern, dessen Grösse wegen seines schlecht begrenzten Randes sich nur schwer durch Messungen bestimmen lässt, und der gewöhnlich von einer concentrischen, oft mehrere tausend Meilen im Halbmesser betragenden Dunsthülle umgeben ist. Bey den meisten erscheint diese Hülle in der Form eines auf die der Sonne entgegengesetzte Seite ausgedehnten Schweifes, oder eines Trichters, wodurch diese Körper öfter, wie der Komet von 1811, die Ansicht darbiethen, welche ein Licht in dem Brennpuncte einer parabolischen Glasglocke gewähren würde. Diese Schweife haben oft eine Länge von mehreren Millionen Meilen, und scheinen, selbst in der Nähe des Kerns, gewöhnlich aus einem so zarten Stoffe gewebt, dass man noch die kleinsten Sterne mit ungetrübtem Lichte durch sie schimmern sieht, obschon diese Dünste, wie die Beobachtungen zeigen, nicht bloss von der Sonne beleuchtet sind, sondern auch ein eigenes schwaches Licht zu haben scheinen.

Die Anzahl dieser Himmelskörper ist sehr gross, und beträgt wahrscheinlich mehrere Millionen. Wir kennen von ihnen nur wenige, weil sie in den früheren Jahrhunderten nicht eifrig beobachtet wurden, weil viele der Erde nicht

nahe kommen, und andere nur in trüben Nächten oder bey Tage nahe genug über unserm Horizonte stehen.

Die Alten hegten über ihren Ursprung und ihre Bestimmung ganz grundlose Meinungen. Seneca (Quaest. Natur. Lib. VII.) hatte über sie sehr richtige Ideen, die aber, da sie auf keine Rechnung gegründet waren, ohne Folge blieben. Kepler und Tycho erkannten sie als Himmelskörper, die sich, so wie die Planeten, um die Sonne bewegen, aber ihre Bahnen wurden von dem ersten geradlinig, und von dem andern kreisförmig vorausgesetzt. Newton war es vorbehalten, sie in Ellipsen, in deren einem Brennpuncte die Sonne ist, um diesen Centralkörper unsers Systems sich bewegen zu lassen, und die Theorie ihrer Bewegung, so wie die Methode anzugeben, ihre Bahnen aus den Beobachtungen zu bestimmen. Nach diesem Verfahren berechnete Halley, sein Zeitgenosse, zuerst den grossen Kometen von dem Jahre 1682, und erkannte dadurch nicht nur die Identität dieses Kometen mit jenen, welche vorher in den Jahren 1682, 1607, 1531 und 1456 erschienen waren, sondern sagte auch dessen Wiedererscheinung für das Ende des Jahres 1758 oder für den Anfang des Jahres 1759 voraus, eine Bestimmung, die nahe genug eintraf.

Ausser diesen Kometen wurden zwar noch viele andere gesehen, und selbst über 140 berechnet, aber da sie uns meistens nur in sehr kleinen Stücken ihrer Bahnen sichtbar waren, so ist es schwer und selbst unmöglich, ihre Umlaufszeiten, die meistens sehr gross sind, auch nur mit einiger Genauigkeit anzugeben. Diese Bestimmung der Umlaufszeit eines Kometen erhält man erst bey der zweyten Erscheinung desselben, und wir kennen bisher nur vier Kometen, die wir bey ihrer Wiederkunft als bereits früher anwesende Gäste mit Gewissheit anzugeben im Stande sind. Der erste ist der bereits oben erwähnte, schon fünfmahl beobachtete Komet Halley's. Clairaut, der einer der ersten das berühmte Problem der drey Körper auflöste, wandte seine Theorie auf die Störungen an, welche dieser Komet von Jupiter und Saturn erleidet, und bestimmte seinen nächsten Durchgang durch das Perihelium auf den Anfang Aprils 1759, nur drey Wochen von der Wahrheit entfernt, da er, nach den Beob-

achtungen, am 12. März 1759 durch seine Sonnennähe ging. Nach Damoiseau's neuesten Berechnungen wird er am 16. November 1835 wieder der Sonne am nächsten stehen. — Der zweyte wurde am 6. März 1815 von Olbers entdeckt, und von Bessel seine Umlaufszeit zu 74.049 Jahren, und sein nächster Durchgang durch das Perihelium auf den 9. Februar 1887 bestimmt. Keiner von diesen beyden Kometen kann den grössern Planeten unsers Systems so nahe kommen, um eine grosse Änderung ihrer Elemente besorgen zu lassen, doch ist's auffallend, dass unter den früher beobachteten keiner gefunden wird, der mit dem von Olbers entdeckten identische Elemente hätte. — Der dritte wurde am 26. November 1818 von Pons entdeckt, und von Encke zuerst als ein Komet von einer sehr kurzen Umlaufszeit von 3.315 Jahren erkannt. Er wurde bereits siebenmahl beobachtet, indem er diesen Beobachtungen zu Folge in den Jahren

1786	den	30. Januar
1795	-	21. December
1805	-	21. November
1819	-	27. Januar
1822	-	23. May
1825	-	16. September
1828	-	10. Januar

durch seine Sonnennähe ging. Da die halbe Axe seiner Bahn 2.223 und die Excentricität desselben 0.845 beträgt, so kommt er in seiner Sonnennähe bis innerhalb der Bahn Merkurs und in seiner Sonnenferne zwischen die vier neuen Planeten und die Jupitersbahn. Da die Länge der Sonnenferne 337 Grade beträgt, so wird er für die Bewohner Europa's nur dann sichtbar, wenn die Zeit seiner Sonnennähe zwischen den October und Februar fällt. Nach dieser Grösse und Lage der Bahn wird auch dieser Komet keinem der grössern Planeten zu nahe kommen, den Merkur ausgenommen, dem er sich bis 0.02 Halbmesser der Erdbahn nähern kann, daher er künftig zur Bestimmung der Merkursmasse wesentlich beytragen kann, so wie er, da er so oft zu uns zurückkehrt, über das Wesen und den inneren Bau dieser räthselhaften Himmelskörper Aufschlüsse geben wird. Seine

Elemente scheinen regelmässigen, mit der Zeit fortgehenden Änderungen unterworfen zu seyn, und Encke glaubt die Ursache dieser Änderungen in einem Widerstande des Äthers zu finden. Ein solcher Widerstand würde nach der Theorie die grosse Axe und die Excentricität der Bahn vermindern, während Neigung und Knoten ungeändert bleiben, was in der That bey diesem Kometen nahe Statt zu haben scheint. — Der vierte endlich ist am 27. Februar 1826 von Biela entdeckt, und als ein Komet von nahe 6.74 Jahren Umlaufszeit zuerst erkannt worden. Man hat ihn bereits früher zweymahl beobachtet, im Jahre 1805, wo er am 31. December, und im Jahre 1772, wo er am 8. Februar durch seine Sonnennähe ging. Ausser seiner kurzen Revolution ist er uns besonders dadurch merkwürdig, dass er der Bahn der Erde näher kommen kann, als irgend ein anderer Komet, etwa der von 1680 ausgenommen, so dass ein Durchgang der Erde durch seinen sehr beträchtlichen Dunstkreis selbst in der Nähe seines Kerns in der Folge möglich ist.

Die Elemente dieser vier Kometen enthält folgende Tafel.

	Halley	Olbers	Pons-Encke	Biela
Durchgang durch die Sonnennähe mittlere Zeit Paris	1759 März 12°.58976	1815 April 25°.99867	1819 Jänner 27°.25213	1826 März 18°.22210
Länge des Perihels	303.16694	149.03222	157.09805	107.92528
Länge des aufsteigenden Knotens	53.83639	83.47611	334.72694	248.69972
Neigung	17.62000	44.49861	13.64500	13.21028
Halbegrosse Axe	18.01120	17.63396	2.21310	3.56732
Excentricität	0.96754	0.93122	0.84909	0.74154
Umlaufszeit in julianischen Jahren	76	74	3.292 Jahre 1202.5 Tage	6.74 Jahre 2461 Tage
Richtung der Bewegung	Retrogr.	Dir.	Dir.	Dir.

Die Störungen, welche die Kometen leiden, wenn sie andern grossen Himmelskörpern näher kommen, können auch die Elemente ihrer Bahnen so beträchtlich ändern, dass die Wiedererkennung derselben oft sehr erschwert wird. So variirt die Umlaufszeit des Halley'schen Kometen vorzüglich wegen der Einwirkung Jupiters von 75 bis 77 Jahren. Noch bedeutender erscheinen diese Störungen in dem Kometen, der den 13. August 1770 durch sein Perihelium ging. Lexell bestimmte seine Umlaufszeit auf $5\frac{1}{2}$ Jahre, und Burkhardt's umständliche Berechnungen bestätigten dieses Resultat. Dabey blieb es unerklärbar, warum man diesen Kometen früher nicht gesehen, und auch später vergebens erwartet hatte. Endlich fand Laplace, dass im Jahre 1767, wo er dem Jupiter sehr nahe vorbeyging, seine wahrscheinlich sehr excentrische Bahn in die von $5\frac{1}{2}$ Jahren Umlaufszeit geändert wurde, in welcher er auch im Jahre 1776 uns wieder sichtbar geworden wäre, wenn er nicht am Tage über dem Horizont gestanden hätte, dass er aber auch, als er im Jahre 1779 dem Jupiter zum zweyten Mahle sehr nahe kam, seine Bahn wieder in eine sehr excentrische Ellipse änderte, die ihn in einer zu grossen Entfernung von der Erde erhält, um von ihr gesehen zu werden. Von allen bisher beobachteten Kometen kam dieser der Erde am nächsten, und die letzte würde ohne Zweifel die Folgen dieser Annäherung empfunden haben, wenn die Masse der Kometen nicht so äusserst gering wäre. Wären die Massen beyder Körper gleich gross gewesen, so würde durch die Wirkung dieses Kometen das Sideraljahr der Erde um 2.79 Stunden grösser geworden seyn. Allein die Berechnungen unserer Beobachtungen zeigen, dass das Jahr seit 1770 sich gewiss nicht um 3 Secunden geändert hat, und dass daher die Masse dieses Kometen noch nicht $\frac{1}{5000}$ der Erdmasse beträgt. Und wenn man bedenkt, dass dieser Komet in den Jahren 1767 und 1779 durch das System des Jupiterssatelliten gegangen ist, ohne in demselben irgend eine merkbare Störung zu veranlassen, so muss seine Masse noch viel geringer seyn.

Es ist möglich, dass sich auch mehrere Kometen in hyperbolischen Bahnen bewegen. Ein solcher scheint der

zu seyn, der den 19. April 1771 durch die Sonnennähe ging. Burkhardt und Encke fanden übereinstimmend die Excentricität seiner Bahn gleich 1.0094, und den kleinsten Abstand von der Sonne 0.9034. Da solche Kometen nur einmahl in unsere Nähe herabsteigen, um dann vielleicht viele fremde Sonnensysteme zu durchwandern, so werden wir sie nur selten beobachten können. Nimmt man an, dass die Körper unseres Sonnensystems in ihrem Perihelium entstanden sind, und dass die Richtung ihrer anfänglichen Geschwindigkeit c in der ersten Secunde senkrecht auf die grosse Axe war, so ist die Bahn

eine Ellipse, wenn $c < \sqrt{\frac{2\mu}{q}}$,

eine Hyperbel, wenn $c > \sqrt{\frac{2\mu}{q}}$,

eine Parabel, wenn $c = \sqrt{\frac{2\mu}{q}}$,

und ein Kreis, wenn $c = \sqrt{\frac{\mu}{q}}$ ist,

wo q die Entfernung des Periheliums von der Sonne oder die kürzeste Distanz in Theilen des Halbmessers der Erdbahn und $\log \sqrt{\mu} = 0.6132088$ ist. Man sieht daraus, dass für den Kreis und die Parabel die Geschwindigkeit c nur einen einzigen bestimmten Werth haben kann, während der Ellipse und der Hyperbel unendlich viele Werthe genügen, und dass daher die beyden letzten Bahnen ebenfalls unendlich wahrscheinlicher sind, als die beyden ersten, so wie endlich die elliptische Bahn selbst wieder wahrscheinlicher ist, als die hyperbolische, weil zu jener eine kleinere Geschwindigkeit hinreicht. — Nennt man a die halbe grosse Axe der Bahn in Theilen des Halbmessers der Erdbahn, und ae ihre Excentricität, so ist, wenn diese beyden Grössen bekannt sind, die Geschwindigkeit des Planeten oder Kometen im Perihelium

$$v = \sqrt{\frac{\mu(1+e)}{a(1-e)}},$$

und die Geschwindigkeit im Aphelium

$$v' = \sqrt{\frac{\mu(1-e)}{a(1+e)}}.$$

Für die Erde z. B. ist $a = 1$ und $e = 0.01678$, also $v = 4.17$, oder die Erde legt in ihrem Perihelium in einer Secunde den Raum von 4.17 geographischen Meilen zurück. Auch ist $q = a(1 - e) = 0.98322$,

$$\text{also } \sqrt{\frac{\mu}{q}} = 4.139,$$

$$\text{und } \sqrt{\frac{2\mu}{q}} = 5.853$$

geographische Meilen. Wäre also die Erde in ihrer Sonnennähe entstanden, so würde sie mit der anfänglichen Geschwindigkeit von 5.853 Meilen in einer Secunde eine Parabel, und mit der Geschwindigkeit von 4.139 Meilen einen Kreis um die Sonne beschrieben haben. Eine grössere Geschwindigkeit als 5.853 würde eine Hyperbel, eine kleinere als 5.853 eine Ellipse, und eine kleinere als 4.139 wieder Ellipsen gegeben haben, deren Anfangspunct aber die Sonnenferne der Erde gewesen wäre.

Um dasselbe auf den grossen Kometen von 1680 anzuwenden, so hat man für ihn nach Encke's Bestimmungen $a = 426.7736$ und $e = 0.99998542$, woraus man für die Umlaufszeit desselben 8816.65 julianische Jahre erhält. Daraus folgt die Geschwindigkeit des Kometen im Perihelium $v = 73.58$, und im Aphelium $v' = 0.00054$ Meilen, also auch die heliocentrische Winkelbewegung während einer Secunde im Perihelium 118.″32 und im Aphelium 0.″000000063, oder der Komet legt, aus dem Mittelpuncte der Sonne gesehen, während einer Stunde im Perihelium den Winkel von 118.32 Graden zurück, während er im Aphelium 1840 Tage braucht, um den Winkel von einer Raumsecunde zurückzulegen. Da ferner $a(1 - e) = 128260$ Meilen, so ist, wenn man den Halbmesser der Sonne 93900 Meilen annimmt, die Entfernung des Kometen von der Oberfläche der Sonne im Perihelium 34360 Meilen, und im Aphelium über 17590 Millionen Meilen, und die Bewohner des Kometen, wenn er deren hat, sehen den Durchmesser der Sonne im Perihelium unter dem Winkel von 94°.1 und im Aphelium unter dem Winkel von 0.°00061, oder von 2.2 Secunden. Da dieser Komet in seinem Perihelium dem Mit-

telpuncte der Sonne $\frac{20\,665\,838}{128260}$ = 161mahl näher war, als die Erde, so war die Hitze, welcher er damahls ausgesetzt war, 25921mahl grösser, als die, welche die Sonne der Erde mittheilt, wenn anders diese Hitze der Sonne der Intensität ihrer Strahlen proportionirt ist. Diese ungemein hohe Temperatur, welche die meisten Gegenstände unserer Erde schnell in Dämpfe verwandeln würde, ist wahrscheinlich die Ursache der Nebel, von welchen diese Körper umgeben sind, indem diese Hitze in der Sonnennähe Theile der Kometen auflöst, welche später durch die grosse Kälte in der Sonnenferne wieder verdichtet, und auf ein viel kleineres Volum zurückgebracht werden. Wahrscheinlich dient diese Zusammenziehung und Erweiterung der Kometenmasse auch als Schutz gegen die Extreme der Temperatur, denen diese Körper ausgesetzt sind. Die Richtung dieser Schweife, die immer auf die der Sonne entgegengesetzte Seite sich erstrecken, und die mit der Annäherung des Kometen zur Sonne wachsen, scheint eine Impulsion der Sonnenstrahlen oder eine abstossende Kraft der Sonne auf die verdünnte Masse des Kometen zu beweisen, durch die man aber die Erscheinung des im Anfange des Jahres 1823 beobachteten Kometen nicht erklären kann, der einen doppelten Schweif hatte, von welchen der kleinere zur Sonne gerichtet war, während der grössere ihr beynahe gegenüber stand. Mehrere von diesen Körpern erreichen eine bedeutende scheinbare Grösse. Der im Jahre 44 vor unserer Zeichrechnung bey Cäsars Tode erschien, soll ein so helles Licht verbreitet haben, dass er selbst am Mittage noch deutlich gesehen werden konnte. Die Kometen von 1577 und 1664 hatten, nach Tycho und Hevel, über zwanzig Grade lange, helle Schweife, und der Halley'sche Komet hatte bey seiner Erscheinung im Jahre 1456 einen sechzig Grade, und der von Kepler und Longomontan beobachtete Komet des Jahres 1618 einen über hundert Grade langen Schweif, der sich fächerartig ausbreitete, und mehr als die Hälfte des uns sichtbaren Himmels bedeckte. Auch der bereits erwähnte Komet von 1680 war so gross, dass er, obschon sein Kern bald nach der Sonne unterging, doch die ganze Nacht durch einen Theil seines

über 70 Grade langen und sehr breiten Schweifes über dem Horizont zeigte. Solche Erscheinungen konnten zur Zeit der Finsterniss und des Aberglaubens nur als Vorbothen des Unglücks betrachtet werden. Der Halley'sche Komet verbreitete im Jahre 1456 einen allgemeinen Schrecken über das durch die Fortschritte der Türken und durch eine verheerende Pest geängstigte Europa, und er wurde der Gegenstand öffentlicher kirchlicher Beschwörungen, während er zwey Jahrhunderte später nur der Gegenstand unserer Bewunderung der ewigen Gesetze der Natur und der stillen Berechnung der Astronomen seyn konnte.

Die äusserst geringe und lockere Masse, welche die Kometen haben, scheint, selbst bey einer grösseren Annäherung derselben zur Erde, noch keine gegründete Besorgniss zu verursachen. Der oben erwähnte Komet von 1770 nahm seinen Weg mitten durch das Satellitensystem Jupiters, ohne auch die leiseste Spur einer Störung dieser vier kleinen Monde zurückzulassen. Er war auch am 1. Julius desselben Jahres nur sechsmahl weiter als der Mond von unserer Erde entfernt, und würde, wenn seine Masse gleich der der Erde gewesen wäre, die Länge unseres Jahres um nahe drey Stunden vergrössert haben. Wir sind aber gewiss, dass die Länge des siderischen Jahres der Erde sich seit den ältesten Beobachtungen nicht um drey Secunden geändert hat.

Wenn aber eine blosse Annäherung dieser Körper und vielleicht selbst ein Durchgang der Erde durch ihre schwachen Nebelhüllen ohne merkbaren Einfluss auf uns seyn mögen, so könnte im Gegentheile ein unmittelbares Zusammenstossen wenigstens derjenigen Kometen, die einen festern Kern haben, mit der Erde für die letzte allerdings sehr wichtige Folgen haben, besonders wenn sich beyde Körper mit entgegengesetzter Geschwindigkeit und in einer auf ihre Oberflächen senkrechten Richtung bewegen. Ein solcher Zusammenstoss könnte die Lage der Erdaxe verrücken, die Länge unseres Tages und Jahres ändern, den Ocean aus seinen Gestaden treiben, und mit seinen Fluthen die höchsten Gebirge bedecken, unsere Polargegenden zu den neuen Tropenländern machen. Ein grosser Theil der die Oberfläche

der Erde bewohnenden Geschöpfe würde in diesen Veränderungen seinen Untergang finden, und ganze Geschlechter derselben völlig erlöschen. Die Menschen, welche dem allgemeinen Verderben entrinnen, würden in den bedauerungswürdigsten Zustand versetzt, in ihre ursprüngliche Wildheit zurückkehren, und bey der Vertilgung aller Denkmähler des Kunstfleisses ihrer Vorfahren, alle Empfänglichkeit und selbst das Andenken an Künste und Wissenschaften verlieren, und Jahrhunderte durch nur mit der Erhaltung ihrer Existenz beschäftiget bleiben, und ihre späten Nachkommen würden staunend die wenigen zerstreuten Überreste einer früheren Cultur bewundern, von welcher ihre Geschichte nur dunkle Sagen überliefert, und sie würden sich nicht erklären können, wie die Gipfel ihrer Gebirge unverkennbare Spuren des sie in der Vorzeit bedeckenden Oceans tragen, und wie die Pflanzen und Thiere des neuen Südens in den Eisfeldern des Nordens, wo sie ihre Reste und Eindrücke zurückgelassen haben, leben und wohnen konnten. So höchst unwahrscheinlich diese Ereignisse allerdings während der kurzen Dauer eines Menschenlebens sind, so können sie doch in der Aufeinanderfolge vieler Jahrhunderte endlich eintreffen, und sind auch vielleicht schon in der Vorzeit eingetroffen, wie selbst das noch jugendliche Alter unserer Menschengeschichte zu beweisen scheint, die mit ihren verlässlichen Angaben nicht über fünftausend Jahre zurückgehen kann. Wie es aber auch mit diesen Veränderungen aussehen mag, uns muss es genügen, zu wissen, dass sie auch in mehreren Tausenden von Jahren höchst unwahrscheinlich sind, und dass es unnütz und selbst thöricht ist, vor einem Ereignisse zu zittern, welches wir nicht voraussehen, und, wenn es eintritt, nicht abwenden können.

Vorlesung VII.

Störungen der Planeten.

Wir haben oben gesehen, dass die Planeten und Kometen sich in Ellipsen bewegen, in deren einem Brennpuncte die Sonne ist, und zwar so, dass die Räume, welche ihre Radien zurücklegen, den Zeiten proportional sind, und dass endlich die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Körper um die Sonne sich wie die Würfel der halben grossen Axen ihrer Bahnen verhalten. Diese drey von Kepler entdeckten Gesetze hat Newton ein Jahrhundert später durch die Kraft seiner Analyse aus dem einzigen und allgemeinen Gesetze der Schwere, von welchem jene drey blosse Folgen sind, abgeleitet, indem er zeigte, dass sich alle Körper des Himmels im geraden Verhältnisse ihrer Massen, und verkehrt, wie die Quadrate ihrer Entfernungen anziehen.

Diese gegenseitige Anziehung der Planeten unter einander ist die Ursache, dass sie sich nicht unveränderlich und immer in derselben Bahn um die Sonne bewegen. Da aber, nach Seite 7, die Masse aller Planeten gegen die der Sonne nur sehr klein ist, so werden auch diese, durch die Attractionen der Planeten entstehenden Störungen ihrer Bewegung um die Sonne im Allgemeinen nur gering seyn können, um so mehr, da diese Planeten selbst durch so grosse Entfernungen von einander getrennt sind, dass man sie in ihrer Berechnung trennen, und die Störung eines jeden derselben auf den andern einzeln und isolirt betrachten kann. In dieser Betrachtung besteht das Problem der

drey Körper, in welchem man die Störungen sucht, welche ein um die Sonne in einer Ellipse sich bewegender Planet von irgend einem der andern Planeten erleidet. Allein auch nach dieser grossen Vereinfachung ist jenes Problem noch immer viel zu schwer, als dass wir durch unsere Analyse eine directe Auflösung desselben hoffen könnten. Denn sobald auch nur drey Körper nach dem oben erwähnten Gesetze der allgemeinen Schwere auf einander wirken, so sind die Bahnen eines jeden derselben nicht mehr Ellipsen, sondern sehr verwickelte krumme Linien, und alle drey bilden um einander eine so künstlich verschlungene Bewegung, dass ihre vollkommene Entwicklung für unsere Kräfte unmöglich ist.

Jene beyden erwähnten vortheilhaften Umstände würden daher nicht hinreichen, wenn nicht noch andere Einrichtungen unsers Planetensystems zu Hülfe kämen, die Auflösung dieser Aufgabe zu erleichtern. Diess sind besonders die Excentricitäten der elliptischen Bahnen, und die Neigungen ihrer Ebenen gegen einander, die bey allen Planeten (S. 6 u. 7) sehr klein sind, und, zwar nicht eine vollständige directe, aber doch eine genäherte Auflösung der Aufgabe möglich machen. Man kann nämlich die gesuchten Störungen durch sogenannte unendliche Reihen ausdrücken, die nach den Potenzen dieser Excentricitäten und Neigungen fortgehen, und da diese Reihen sehr convergiren, nur die ersten Glieder derselben betrachten. Die blosse Annäherung an die Wahrheit also ist es, mit der wir uns auch hier, wie bey den meisten unserer Untersuchungen, begnügen müssen. Aber diese Näherungen haben, da sie Resultate der Rechnung sind, eine Sicherheit, deren sich sonst nur wenige, vielleicht keine unserer menschlichen Kenntnisse rühmen können. Das allgemeine Gesetz der Schwere hat vor allen andern Entdeckungen den unschätzbaren Vorzug, dass es der Rechnung unterworfen werden kann; dass jede aus demselben fliessende Erkenntniss nicht eher zu dem grossen Vorrathe von unbestreitbaren Wahrheiten gelegt, und der Nachwelt als ein sicheres Erbe hinterlassen werden darf, bis es auf dem untrüglichen Probiersteine der Rechentafel abgerieben und bewährt gefunden ist; und dass endlich der

innere Werth jeder neuen Entdeckung durch unmittelbare Beobachtungen von allen Seiten geprüft, bestätiget und über allen Zweifel erhoben werden kann. So hat man aus diesem Naturgesetze mit Hülfe der Analysis alle Erscheinungen des Himmels bis in ihre kleinsten Eigenthümlichkeiten herab vollkommen erklärt, und es gibt keine einzige von den bisher durch Beobachtungen erkannten Ungleichheiten, welche nicht als eine unmittelbare Folge dieses allgemeinen Gesetzes mit einer in der That bewunderungswürdigen Genauigkeit dargestellt werden könnte. Ja die blosse theoretische Entwicklung dieses Gesetzes ist sogar schon den Beobachtungen selbst vorangeeilt, und hat uns eine grosse Anzahl von Erscheinungen kennen gelehrt, die entweder wegen ihrer geringen Grösse oder wegen ihrer Verwicklung mit anderen uns vielleicht noch viele Jahrhunderte, vielleicht immer verborgen geblieben wären.

Wenn die Störungen, welche ein Planet von dem anderen leidet, sich immer anhäufen, so würde diess mit der Zeit eine gänzliche Änderung, ja vielleicht eine völlige Zerstörung des Systems zur Folge haben. Da aber die Verrückung eines Planeten in seiner Bahn, die von der Einwirkung eines anderen Planeten kömmt, von dem Orte der beyden Planeten in ihren Bahnen oder von ihren gegenseitigen Stellungen abhängt, und diese Stellungen periodisch wiederkehren, so werden auch jene Störungen selbst in gewisse Perioden eingeschlossen seyn. Die Analysis zeigt, dass diese Störungen des Ortes eines Planeten in seiner Bahn durch die Sinus und Cosinus der Elongationen und der Anomalien beyder Planeten, also durch in bestimmten Perioden wiederkehrende Functionen ausgedrückt werden, daher auch diese Störungen periodische genannt werden.

Allein diese Ungleichheiten, welche bloss von den Configurationen der Planeten unter sich abhängen, und sich nur auf den Ort des Planeten in seiner Bahn beziehen, werden endlich auch auf diese Bahnen selbst, auf die Gestalt, Grösse und Lage derselben einen Einfluss äussern, und es ist klar, dass diese Änderungen der Excentricität, der Neigung, der Länge des Knotens und des Periheliums viel langsamer, als jene, vor sich gehen, und dass ihre Wir-

kungen erst nach mehreren Jahrhunderten sichtbar seyn werden. Aus dieser Ursache hat man diese zweyte Gattung von Ungleichheiten säculäre Störungen genannt, zum Unterschiede von den periodischen, obschon jene, die Änderung der Lage des Periheliums ausgenommen, ebenfalls in Perioden, aber in sehr lange und mehrere Jahrtausende umfassende Perioden eingeschlossen sind.

Die wichtigste dieser säculären Störungen würde ohne Zweifel die der mittleren Bewegung seyn. Denn wenn die Umlaufszeit, oder, was dasselbe ist, die grosse Axe der elliptischen Bahn sich ändert, so muss diese Änderung, ihrer Natur nach, immer in derselben Richtung fortgehen, und die Folge einer solchen progressiven Ab- oder Zunahme der grossen Axe würde seyn, dass der Planet sich entweder der Sonne immer mehr nähert, und endlich auf sie stürzt, oder dass er sich immer mehr von ihr entfernt, das Gebieth ihrer Attraction verlässt, und endlich, aus unserem Planetensystem verschwindend, seine Bahn um andere Sonnen beschreibt. Da sonach jede Veränderung der grossen Axe mit der Erhaltung des Systems im Widerspruche steht, so unterwarf Laplace diesen Gegenstand seiner besondern Untersuchung, und fand, dass die mittlern Distanzen der Planeten von der Sonne, also auch die Umlaufszeiten derselben immer constant sind, wenn man die vierten Potenzen der Excentricitäten und der Neigungen, und die Quadrate der störenden Massen vernachlässiget. Lagrange und Poisson zeigten später, dass jene Beständigkeit auch ohne diese Vernachlässigung Statt hat.

Desto auffallender musste es daher seyn, an den beyden grössten Planeten unsers Sonnensystems, an Jupiter und Saturn, eine solche Veränderung der mittlern Bewegung zu erblicken. Wenn man die neuesten Beobachtungen dieser Planeten mit denjenigen vergleicht, welche zur Zeit der Griechen, und welche zur Zeit der Wiedererweckung der Astronomie in Europa gemacht worden sind, so findet man, dass die mittlere Bewegung Jupiters immer geschwinder, und die des Saturns immer langsamer wird. Die Ursache dieser Erscheinung wurde lange vergebens gesucht, bis sie endlich von Laplace entdeckt wurde. — Die Analyse der

planetarischen Störungen zeigte ihm, dass, wenn man nur die Ungleichheiten von sehr grossen Perioden betrachtet, die Summe der Masse jedes Planeten, dividirt durch die grosse Axe seiner Bahn, immer sehr nahe eine constante Grösse ist. Bezeichnet daher m die Masse und t die Umlaufszeit Jupiters, und sind m′, t′ dieselben Grössen für Saturn, so hat man für diese beyden grössten Planeten unsers Systems sehr nahe

$$\frac{m}{t^{\frac{2}{3}}} + \frac{m'}{t'^{\frac{2}{3}}} = \text{Const},$$

woraus folgt, dass, wenn die mittlere Bewegung Jupiters grösser wird, die des Saturns kleiner werden muss und umgekehrt. Nimmt man mit Halley die Änderung von t′ in einem Jahrhundert gleich — 83″, und substituirt man in der letzten Gleichung für m, t und m′, t′ ihre Werthe aus Seite 7, so erhält man für die Änderung von t die Grösse + 34″, was sehr nahe mit den Beobachtungen Halley's übereinstimmt. Es war also äusserst wahrscheinlich, dass die beobachteten Änderungen in den mittleren Bewegungen dieser beyden Planeten bloss die Wirkung ihrer gegenseitigen Anziehung sind, und dass sie daher ebenfalls in Perioden, wenn gleich in Perioden von längerer Dauer, eingeschlossen seyn werden.

Aus der Theorie der periodischen Störungen folgt, dass die oben erwähnten Sinus und Cosinus, welche die einzelnen Theile dieser Störungen ausdrücken, alle in einem Factor der Form

$$\frac{\theta^{n'-n}}{(n'\,t' - nt)^2}$$

multiplicirt sind, wo θ entweder die Excentricität oder die Neigung der Planetenbahn, t und t′ die Umlaufszeiten des störenden und des gestörten Planeten ausdrücken, und wo die Grösse n und n′ nach der Ordnung die Zahlen 1, 2, 3,... bezeichnen. Da nun die Excentricität sowohl als die Neigung der Planetenbahnen, wie bereits erinnert wurde, immer sehr klein ist, so reicht es gewöhnlich hin, nur die ersten Glieder dieser Störungsreihen zu suchen, in welchen nämlich die Grösse (n′ — n) nun gleich 1 oder 2 ist, weil die folgenden,

die in θ^3, θ^4 multiplicirt sind, schon als ganz unbeträchtlich vernachlässiget werden können. Allein der ebenfalls veränderliche Nenner des vorhergehenden Bruches wird offenbar desto kleiner, oder der Bruch und mit ihm die gesuchte Störung desto grösser werden, je näher die Grösse n t der Grösse n′ t′ kömmt, und man wird daher nicht bloss diejenigen Glieder, in welchen n′ — n kleiner als 3, sondern auch noch jene näher untersuchen müssen, in welchen die Grösse $\frac{t}{t'}$ nahe gleich der Grösse $\frac{n'}{n}$ ist, und diese letzte Rücksicht ist es, welche man früher vernachlässiget, und auf welche Laplace zuerst aufmerksam gemacht hat. Da sich nämlich die Umlaufszeit Jupiters zu der des Saturns nahe wie die ganzen Zahlen 2 zu 5 verhält (Seite 5), so werden diejenigen Störungsglieder, in welchen $n = 2$ und $n' = 5$ ist, für diese zwey Planeten sehr beträchtlich werden, und eine eigene Untersuchung verdienen. Laplace nahm diese Untersuchung vor, und fand seine Erwartung, dass der Grund jener Erscheinungen in diesen bisher vernachlässigten Gleichungen liege, vollkommen bestätiget. Nach seiner Theorie ist Saturn einer grossen Ungleichheit unterworfen, die auf 2952 Secunden steigen kann, und deren Periode nahe 930 Jahre ist, und welche zur mittlern Bewegung dieses Planeten addirt werden muss, um die wahre zu erhalten; während die mittlere Bewegung Jupiters einer ähnlichen Ungleichheit von nahe derselben Periode unterliegt, die auf 1205 Secunden steigen kann, und die von der mittleren Bewegung dieses Planeten subtrahirt werden muss. In dem Jahre 1560 n. Chr. Geb. waren diese beyden Störungen nahe gleich Null, und sie werden in allen Jahren, die 1, 2, 3mahl 465 Jahre von der Epoche 1560 entfernt sind, ebenfalls verschwinden, was alles mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmt. Es gibt übrigens noch mehrere andere, minder beträchtliche Störungen dieser beyden Hauptplaneten unseres Systemes, die alle aus derselben Quelle, dass $\frac{n}{n'}$ nahe gleich $\frac{2}{5}$ ist, entspringen, und welche daher früher, so wie jene, gleichsam eine Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze der Schwere zu machen schienen, während sie jetzt die schön-

sten Beweise dieses Gesetzes geworden sind. Denn das war das Loos jener glänzenden Entdeckung, dass jede neue sich erhebende Schwierigkeit für sie der Gegenstand eines neuen Triumphes wurde, und dadurch zugleich die Wahrheit dieses Naturgesetzes auf das vollkommenste bestätigte. Die auf dieses Gesetz gebaute Theorie der allgemeinen Schwere stellt jetzt nicht nur die sämmtlichen Beobachtungen der Neueren, sondern auch die der Araber und jene, welche uns Ptolomäus erhalten hat, völlig befriedigend dar. Die grosse Genauigkeit, mit welcher die zwey grössten Planeten des Sonnensystems schon seit den frühesten Zeiten dem Gesetze ihrer wechselseitigen Anziehungen gehorcht haben, ist zugleich ein Beweis der Stabilität dieses Systemes, indem z. B. Saturn, obschon er über hundertmahl schwächer, als unsere Erde, von der Sonne angezogen wird, doch seit mehr als zwey Jahrtausenden keine bemerkbare Störung durch äussere, dem Systeme fremde Einwirkungen erlitten hat.

Diese Beständigkeit der mittleren Bewegungen der Planeten und der grossen Axen ihrer Bahnen ist also eine der wichtigsten Eigenschaften des Weltsystems. Alle anderen Elemente der elliptischen Planetenbahnen sind veränderlich, sie nähern oder entfernen sich allmählig von der Kreisform, und ihre Neigungen und Knoten in der Ecliptik, so wie die Längen ihrer Perihelien sind in immerwährender Bewegung. Da der gestörte Planet durch die Anziehung des störenden der Ebene des letzteren genähert wird, und daher diese Ebene früher erreicht, als er ohne jene Störung gethan haben würde, so ist leicht zu sehen, dass durch die Wirkung zweyer Planeten auf einander die Knoten des einen auf der Bahn des anderen immer rückwärts gehen müssen, während die Neigung in der einen Hälfte der Bahn eben so viel zunimmt, als sie in der anderen abnimmt, und dass daher diese Neigung, kleine periodische Schwankungen ausgenommen, als constant angesehen werden kann. Alle diese Veränderungen, die eine blosse Folge der gegenseitigen Störungen sind, gehen aber so langsam vor sich, dass sie während mehreren Jahrhunderten als mit der Zeit gleichförmig fortschreitend angesehen werden können, obschon sie in der That eben-

falls in Perioden, aber von sehr langer Dauer, jedoch meistens zwischen sehr engen Grenzen, ab- und zunehmen, die Länge der Apsiden allein ausgenommen, die zwar auch verschiedenen Modificationen unterworfen sind, aber demungeachtet immer in derselben Richtung fortschreiten. Da uns die Massen der Planeten noch nicht genau bekannt sind, so ist es schwer, die Grösse dieser säculären Bewegungen und die ihrer Perioden mit Genauigkeit anzugeben. Wenn aber unsere Nachkommen sehr weit von ihnen entfernte, genaue Beobachtungen erhalten haben werden, so werden sie auch im Stande seyn, daraus jene Massen zu bestimmen, und dann werden sie mit Sicherheit auf die Veränderungen zurückgehen können, welche unser Planetensystem in der Vorzeit erlitten hat, und in den Folgen der Jahrhunderte noch erleiden wird, so dass dann der Geometer alle vergangenen und künftigen Erscheinungen dieses Systems gleichsam mit einem einzigen Blicke übersehen wird.

So findet man z. B., wenn man die oben Seite 7 angezeigten Massen und Elemente der beyden grössten Planeten unsers Systems zu Grunde legt, dass der mittlere Ort der aufsteigenden Knoten beyder Bahnen in der Ecliptik immer derselbe ist, und nahe in den 104ten Grad der Länge fällt. Um diesen mittleren Ort oscilliren die wahren Knoten jener beyden Bahnen hin und her, indem sie immer auf entgegengesetzten Seiten jenes mittleren Punctes sind, und auch beständig entgegengesetzte Richtungen auf ihre Bewegung haben, und indem sich die wahren Knoten der Saturnsbahn von jenem mittleren Orte um 32, die der Jupitersbahn aber nur um 13 Grade entfernen, und nahe alle 25000 Jahre sich wieder in dem mittlern Orte dieser Knoten begegnen. Die Neigung Saturns kann sich von ihrer mittlern Grösse nicht über 2° 30′, und die des Jupiters nicht über 0° 48′ zu beyden Seiten entfernen. Etwa 20600 Jahre v. Ch. Geb. hatte Jupiter die kleinste und Saturn die grösste Neigung gegen die Ecliptik, und im Jahre 4700 n. Ch. Geb. wird Jupiter die grösste und Saturn die kleinste haben, bis wieder im Jahre 30100 n. Chr. Geb. der erste Fall Statt haben wird. Eben so haben die Änderungen der Excentricität jener beyden Planetenbahnen eine gemeinschaftliche und sehr

grosse Periode von beynahe 66 Jahrtausenden, und im Jahre 16000 vor Ch. Geb. war die Excentricität Jupiters am kleinsten, und die des Saturns am grössten, während im Jahre 17000 n. Ch. Geb. der umgekehrte Fall eintreten wird.

Ähnlichen periodischen Veränderungen sind auch die Elemente aller übrigen Planetenbahnen unterworfen. So ist (I. S. 69) jetzt die säculäre Abnahme der Schiefe der Ecliptik gleich 48".368, und die jährliche directe Bewegung des Periheliums der Erdbahn (Seite 7) gleich 11".66. Nach diesen Änderungen der Erdbahn musste das Perigeum der Sonne um das Jahr 4090 v. Chr. Geb. in die Frühlingsnachtgleiche fallen, eine Epoche, in welche die meisten unserer Chronologen die Schöpfung der Erde annehmen. Im Jahre 1250 n. Ch. Geb. fiel die grosse Axe der Erdbahn mit den Solstitien zusammen, und im Jahre 6600 wird sie wieder die Länge des Herbstnachtgleichenpunctes erreichen.

Da aber alle diese Variationen, wie bereits erwähnt worden ist, in meistens sehr engen Grenzen eingeschlossen sind, zwischen welchen sie, wie die Schwingungen eines Pendels, periodisch auf- und niedersteigen, so sind die Planetenbahnen immer nahe kreisförmige und in der Nähe der Erdbahn liegende Ellipsen gewesen, und werden es auch in der Folge bleiben, und die Annahme, dass einige von ihnen in der Vorzeit Kometen gewesen wären, muss eben so, wie die Hoffnung eines ewigen Frühlings der Erde durch die Coincidenz der Ecliptik mit dem Äquator als ganz unbegründet verworfen werden, da die Änderung der Neigung der Ecliptik gegen den Äquator in ihrem grössten Werthe noch nicht volle drey Grade betragen kann.

Diese Bewegungen der Planetenbahnen, so wie die der Fixsterne selbst, werden einst die Astronomen beunruhigen, wenn sie sehr entlegene Beobachtungen unter einander vergleichen werden. Es ist daher wichtig, unter allen diesen Veränderungen des Himmels eine Ebene zu finden, deren Lage immer dieselbe oder doch wenigstens sich selbst immer parallel bleibt. Diese Ebene erhält man auf folgende Art. — Wenn man für irgend eine Epoche in einer durch den Mittelpunct der Sonne gehenden Ebene aus diesem Mittelpuncte gerade Linien nach den aufsteigenden Knoten

der Planetenbahnen in dieser Ebene zieht; wenn man dann auf diesen Geraden, von der Sonne aus, solche Theile abschneidet, die den Tangenten der Neigungen dieser Bahnen gegen jene Ebenen gleich sind; wenn man ferner an den Endpuncten dieser Tangenten Massen anbringt, proportional den Massen der Planeten, jede derselben multiplicirt durch die Quadratwurzel der Parameter der Planetenbahn, und durch den Cosinus ihrer Neigung, und wenn man endlich den Schwerpunct dieses neuen Massensystems sucht, so stellt die Gerade, welche diesen Schwerpunct mit dem Mittelpuncte der Sonne verbindet, die Tangente der Neigung der gesuchten unveränderlichen Ebene gegen die gegebene Ebene vor, und die Verlängerung dieser Geraden wird am Himmel den Punct des aufsteigenden Knotens der gesuchten Ebene bezeichnen. — Welches auch die Veränderungen seyn mögen, die die Folge der Jahrhunderte unter den Planetenbahnen hervorbringen wird, die so bestimmte Ebene wird immer eine mit sich selbst parallele Lage behalten. Mit den Seite 7 angegebenen Massen findet man, dass für das Jahr 1800 die Länge des aufsteigenden Knotens dieser Ebene in der Ecliptik 103°.231 und ihre Neigung gegen die Erdbahn 1°.581 gewesen ist.

Bisher haben wir die Körper unsers Sonnensystems bloss als Puncte betrachtet, in welchen die Masse derselben vereiniget ist. Wenn diese Körper vollkommene Kugeln sind, deren Dichten selbst gegen ihren Mittelpunct nach irgend einem Gesetze zunehmen, so zeigt die Mechanik, dass die Anziehung solcher Kugeln auf einen äussern Punct sich verhält, wie die Masse der Kugel dividirt durch das Quadrat der Entfernung ihres Mittelpunctes von dem angezogenen Puncte, dass also ihre Anziehung dieselbe ist, als wenn die ganze Masse der Kugel in ihrem Mittelpuncte vereiniget wäre, und diese merkwürdige Eigenschaft der Kugeln hat unter allen möglichen Gesetzen, bey welchen die anziehende Kraft in der Entfernung immer kleiner wird, bloss bey dem Gesetze der Natur Statt.

Wenn aber diese Körper des Himmels von der Kugelgestalt abweichen, wie dieses bey unserer Erde, die wir hier besonders betrachten, wegen ihrer Abplattung der Fall ist, so werden daraus Störungen einer eigenen Art entstehen, die wir nun näher untersuchen wollen.

Es ist für sich klar, dass diese Störungen der Erde nur dann noch merklich seyn werden, wenn der störende Körper entweder sehr viel Masse oder eine sehr geringe Entfernung hat, dass also hier vorzüglich die Wirkung der Sonne und des Mondes auf die abgeplattete Erde berücksichtiget werden muss. Da ferner diese Störung der Erde ihre Ursache in der Abplattung derselben, oder in der Anhäufung ihrer Masse um den Äquator hat, so kann man sich diese Anhäufung als eine Menge kleiner, zusammenhängender Satelliten vorstellen, welche in der Ebene des Äquators ihren täglichen Umlauf um die Erde machen. Wie wir aber oben gesehen haben, dass durch die Wirkungen der Planeten auf einander die Knoten der Bahn des gestörten Planeten auf der Bahn des störenden immer rückwärts gehen, während die Neigung beyder Bahnen im Allgemeinen beständig ist, so wird man auch hier den Äquator der Erde für die Ebene des gestörten und die Ecliptik, mit welcher auch die Mondesbahn nahe zusammenfällt, für die Ebene der störenden Körper, der Sonne und des Mondes, betrachten können, und die Folge jener Anziehung der Sonne und des Mondes auf die abgeplattete Erde wird seyn, dass der Durchschnitt beyder Ebenen, oder dass die Nachtgleichenpuncte auf der Ebene der störenden Körper oder auf der Ecliptik immer rückwärts gehen, während die Neigung beyder Ebenen gegen einander, wenn man von den periodischen Störungen, welche diese Schiefe erleidet, abstrahirt, nahe dieselbe bleibt.

Wenn die beyden störenden Körper sich in der Ebene des Äquators bewegten, so würde, da der Äquator die sphäroidische Erde in zwey gleiche und ähnliche Hälften theilt, jene Störung der Erde gänzlich verschwinden, also wird auch umgekehrt jene Störung desto grösser seyn, je grösser der Winkel ist, unter welchem die Ebene der Sonne und des Mondes gegen die Ebene des Äquators geneigt sind.

Die Bahn der Sonne oder die Ecliptik hat im Allgemeinen immer dieselbe Neigung gegen den Äquator, woraus folgt, dass der Theil jener Störung, welcher von der Sonne kömmt, ebenfalls sehr nahe constant seyn wird. Die Mondsbahn aber ist, nach Seite 46, gegen die Ecliptik um den constanten Winkel 5° 9′ geneigt, und die Knoten der Mondesbahn in der Ecliptik bewegen sich sehr schnell rückwärts (Seite 45), woraus folgt, dass nach der Lage jener Knoten auch die Neigung der Mondesbahn gegen den Äquator veränderlich seyn wird. Wenn z. B. der aufsteigende Knoten der Mondesbahn in der Ecliptik mit dem Frühlingspuncte zusammenfällt, so ist die Neigung der Mondesbahn gegen den Äquator gleich 23° 28′ + 5° 9′ oder gleich 28° 37′, während diese Neigung, wenn der aufsteigende Knoten in den Herbstpunct fällt, gleich 23° 28′ — 5° 9′ oder gleich 18° 19′, oder 10° 18′ kleiner ist, als zuvor. Da aber, nach dem Vorhergehenden, die Störung der Erde mit der Grösse der Neigung zunimmt, so wird derjenige Theil der Störung der Erde, der von der Wirkung des Mondes kömmt, veränderlich, und zwar von der Länge des Mondesknotens abhängig seyn.

So wie aber eine vermehrte Neigung die Störung vergrössert, eben so wird auch eine grössere Entfernung des störenden Körpers von der Ebene des Äquators, d. h. eine grössere Declination der Sonne und des Mondes, jene Störung vermehren, woraus folgt, dass diese Störungen der Erde durch die Sonne und den Mond auch noch aus solchen Gliedern bestehen werden, welche von der Declination, oder, da diese durch die Länge bestimmt ist, welche von der Länge der Sonne und des Mondes abhängen.

Den constanten Theil dieser Störung der Erde haben wir B. I. S. 68 unter der Benennung der Präcession gegeben, die jährlich 50″.3757 beträgt, während der veränderliche, von der Länge des Mondesknotens und von der Länge der Sonne und des Mondes abhängige Theil dieser Störung Seite 75 unter der Benennung der Nutation mitgetheilt worden ist.

Bisher wurde, der Theorie der Präcession gemäss, vorausgesetzt, dass die Neigung der Ecliptik gegen den

Äquator im Allgemeinen unveränderlich oder doch nur kleinen periodischen Änderungen unterworfen ist. Allein die Beobachtungen haben es ausser Zweifel gesetzt, dass diese Neigung seit den ältesten Zeiten bis auf unsere Tage in einer regelmässigen Abnahme begriffen ist, und dass sie jetzt in einem Jahrhundert nahe 48".368 betrage (B. I. S. 69). Diese Abnahme der Schiefe der Ecliptik hat aber ihre Quelle nicht, wie die Präcession, in der Abplattung der Erde, sondern sie kömmt von der Wirkung der andern Planeten, welche die Lage der Erdbahn allmählig verrückt, indem sie dieselbe dem Äquator jährlich um 0". 48368 nähert, und zugleich die Linie der Nachtgleichen jährlich um 0". 16441 vorwärts bewegt. Da nach dem Vorhergehenden durch die Wirkung der Sonne und des Mondes auf die abgeplattete Erde die Nachtgleichen jährlich um 50". 3757 rückwärts, und durch die Gesammtwirkung aller Planeten auf die Erdbahn, dieselben Nachtgleichen jährlich um 0.13441 vorwärts gehen, so ist die eigentliche beobachtete jährliche Präcession 50.3757 — 0.16441 = 50.21129 (vergl. Seite 69), während die Lunisolarpräcession gleich 50".3757 ist.

Da also durch die Wirkung der Planeten die Lage der Erdbahn allmählig geändert wird, so kann bey einer genauern Untersuchung dieses Gegenstandes die Ebene der Ecliptik nicht mehr, wie zuvor, als unveränderlich angenommen werden, sondern sie wird, wie oben die veränderliche Mondesbahn, ebenfalls eine Art von Nutation erzeugen, die aber viel kleiner und in viel grössere Perioden eingeschlossen seyn wird, als die Nutation des Mondes. Wenn man diesen Gegenstand mit Hülfe der Analyse untersucht, so findet man als Resultate dieser Betrachtungen die B. I. S. 68 aufgestellten Ausdrücke für ψ, $\psi_{\prime}$, e und $e_{\prime}$.

Da diese vier Ausdrücke die Zeit t zum Factor haben, so würden sie endlich über alle Grenzen hinaus wachsen. Allein man muss bemerken, dass diese Ausdrücke nur genähert sind, und dass darin, wie die Theorie zeigt, eigentlich nur Glieder von der Form $a \,{}^{\text{Sin}}_{\text{Cos}}\,(b + ct)$ vorkommen, und dass sie daher im Grunde alle periodisch sind, und keinen Fortgang ohne Ende nach derselben Richtung enthalten. Da aber in

diesen Gliedern der Factor c von t sehr klein ist, so ist die Periode, während welcher das Glied a $\frac{\text{Sin}}{\text{Cos}}$ (b + c t) durch alle seine Abwechslungen von Grössen und Zeichen geht, d. h. so ist die Zeit $\frac{360}{c}$ selbst ungemein gross, und diese Glieder lassen sich daher in Reihen entwickeln, die nach den Potenzen der Grösse t fortgehen, und für eine grosse Anzahl von Jahren den strengen Ausdrücken, aus welchen sie entwickelt wurden, gleichbedeutend sind. In der That ist derjenige Theil der Präcession, der bloss von der Wirkung der Sonne auf die abgeplattete Erde kömmt, durch alle Zeiten constant, so lange die Gestalt der Erde immer dieselbe bleibt; aber der Theil der Präcession, der von der Wirkung der Planeten abhängt, also auch die aus derselben Quelle entspringende Änderung der Schiefe der Ecliptik ist veränderlich, weil die Lage der Planetenbahnen ebenfalls veränderlich ist. Jetzt sind die sämmtlichen Planetenbahnen so in den Raum vertheilt, dass ihre Gesammtwirkung eine jährliche Abnahme der Schiefe von 0".48368 und ein Vorwärtsgehen der Äquinoctien von 0".16441 bewirkt. Allein die Lagen der Planetenbahnen werden sich in der Folge der Zeiten so ändern, dass diese Abnahme der Schiefe in eine Zunahme, und dieses Vorwärtsgehen der Äquinoctien in ein Rückwärtsgehen sich verwandeln wird. So gehen seit Hipparchs Zeiten oder seit zwey tausend Jahren die Nachtgleichen durch die Wirkung der Planeten immer vorwärts, aber auch immer langsamer vorwärts, bis sie gegen das Jahr 2200 n. Ch. Geb. anfangen werden, rückwärts zu gehen. Eben so hatte die Schiefe der Ecliptik um das Jahr 2000 v. Ch. Geb. ihren grössten Werth von 23° 53', und nimmt seitdem ab, bis sie im Jahre 6600 n. Ch. Geb. ihren kleinsten Werth von 22° 54' erhalten, und von da wieder bis zu d. Jahre 19000 n. Ch. Geb. zunehmen wird. Obschon aber von der Schiefe der Ecliptik unsere Jahreszeiten abhängen, so wird doch der Unterschied derselben wegen den engen Grenzen, in welche die Schiefe der Ecliptik eingeschlossen ist, immer nur gering seyn, und die Jahreszeiten werden sich, nach einer grossen Reihe von Jahrtausenden, eben

so regelmässig folgen, als wir dieses in unseren Tagen bemerken.

Da die beobachtete Präcession, dem Vorhergehenden zu Folge, veränderlich ist, so ist auch die Länge des tropischen Jahres veränderlich, während die des siderischen immer dieselbe bleibt. Um die Länge des mittleren tropischen Jahres zu finden, muss man von seiner beobachteten Länge den Theil der Präcession abziehen, der bloss von der Wirkung der Planeten entspringt. Dieser Theil beträgt jetzt 0."16441, und da die Sonne in einem Tage mit ihrer mittleren Bewegung den Bogen 0.°98565 zurücklegt, so legt sie den Bogen 0."16441 in

$$\frac{0.16441}{(0.98565)3600} \text{ oder in } 0.000046 \text{ Tagen,}$$

d. h. in vier Zeitsecunden zurück, oder das gegenwärtige Jahr ist um vier Secunden grösser als das mittlere. Die Theorie zeigt, dass das Jahr am grössten, nämlich 38" grösser als das mittlere, im Jahre 3000 v. Ch. Geb. war, dass es seit dieser Epoche bis auf unsere Zeit abgenommen hat, und im Jahre 7600 nach Chr. am kürzesten seyn wird.

Man kann die Nutation der Länge, die nach Vol. I. S. 75 auf 16."783 steigen kann, als eine blosse Wirkung des Mondes auf die abgeplattete Erde ansehen, während die jährliche Präcession 50."3757 die Folge der vereinigten Wirkungen der Sonne und des Mondes ist. Da sich aber jede störende Kraft wie die Masse des störenden Körpers durch das Quadrat seiner Entfernung dividirt verhält, so sieht man, dass die beobachteten Grössen der Präcession und der Nutation auch das Verhältniss der Massen der Sonne und des Mondes geben werden. Man fand so, die Masse der Erde als Einheit vorausgesetzt, die Masse der Sonne gleich 337100 und die des Mondes gleich $\frac{1}{70}$.

Auch lässt sich aus der beobachteten Grösse der Präcession, da sie eine Folge der Abplattung der Erde ist, wieder rückwärts die Grösse dieser Abplattung, oder die Ursache aus der Wirkung, schliessen. Man fand so die Abplattung der Erde gleich $\frac{1}{248}$. Übrigens haben die genaue-

sten Untersuchungen dieses Gegenstandes keine einzige Gleichung gegeben, welche die Stabilität der Pole auf der Oberfläche der Erde, oder welche die Gleichförmigkeit und die Dauer der Rotation derselben auf eine unsern Sinnen noch bemerkbare Weise stören könnte.

Die oben Vol. I. S. 69 gegebenen Ausdrücke für ψ_1 und e_1 können auch als Hülfsmittel gebraucht werden, das Alter der Monumente der Vorzeit oder die Wahrheit der aus jenen Zeiten uns überlieferten Beobachtungen zu erkennen. So enthält z. B. der Thierkreis, den man an der Decke eines Tempels der alten Stadt Denderah (Tentyris) in Oberägypten gefunden hat, die noch jetzt unter uns gewöhnlichen zwölf Himmelszeichen in der Ordnung, wie sie von der Sonne durchlaufen werden. Das erste desselben, welches eben aus dem Thore des Tempels herauszutreten scheint, ist der Löwe. Wenn es wahr ist, dass die Sonne im Anfange des Jahres, zur Zeit der Erbauung des Tempels, in dieses Zeichen trat, und dass das Jahr der Ägyptier mit dem Eintritte der Sonne in das Sommersolstitium anfing, so fiel zu jener Zeit das Solstitium in das Zeichen des Löwen, und da es jetzt in dem Zeichen der Zwillinge oder volle sechzig Grade rückwärts liegt, und nach dem Vorhergehenden die jährliche Präcession $50.''21129 = 0.°01395$ beträgt, so hat man für das Alter des Tempels $\frac{60}{0.01395} = 4300$ Jahre, oder er wurde gegen das Jahr 2470 v. Ch. Geb. erbaut. Nimmt man mit Laplace an, dass diese gewiss schon sehr alte Bezeichnung des Thierkreises zu der Zeit entstanden ist, wo der Steinbock den höchsten Punct des Sonnenlaufes eingenommen hat, während er jetzt schon nahe ein Zeichen über den tiefsten Punct der Sonnenbahn steht, so würde das Alter der Entstehung jener Bezeichnung $\frac{210}{0.01395}$ oder über 15000 Jahre betragen, ein Resultat, welches mit andern Erfahrungen über das Alter der Erde im Widerspruche ist.

Eine andere merkwürdige Einwirkung des Mondes und der Sonne zeigt sich in den Veränderungen der Oberfläche

des Meeres, die unter der Benennung der Ebbe und Fluth bekannt sind. Die allgemeinen Erscheinungen, welche diese Veränderungen darbiethen, sind folgende.

Zwischen zwey nächsten oberen Culminationen des Mondes steigt und fällt das Meer zweymahl. Die höchste Fluth erfolgt für jeden Ort nahe drey Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch die obere sowohl, als durch die untere Hälfte des Meridians dieses Ortes. Die mittlere Zeit zwischen zwey nächsten Fluthen beträgt 0.5175 eines mittleren Tages, und der Augenblick der tiefsten Ebbe fällt nahe in die Mitte der zwey nächsten Fluthen. Wie bey allen Veränderungen, die zwischen einem grössten und kleinsten Werthe, als ihren Grenzen, auf und nieder gehen, ist auch hier das Steigen und das Fallen des Meeres in der Nähe der grössten Fluth und der grössten Ebbe dem Quadrate der seit der letzten Ebbe oder Fluth verflossenen Zeit proportional. — Die grösste Höhe und Tiefe des Meeres ist für denselben Ort veränderlich, und hängt vorzüglich von den Phasen des Mondes ab. Zur Zeit des Voll- und Neumondes, oder eigentlich $1\frac{1}{2}$ Tag später, ist die Fluth am grössten, zur Zeit der beyden Quadraturen aber am kleinsten. Je mehr sich der Ocean bey seiner Fluth erhebt, desto tiefer sinkt er auch bey der nächstfolgenden Ebbe. — Die Nähe des Mondes an der Erde hat einen besondern Einfluss auf diese Erscheinungen. Die Fluthen steigen oder fallen, wenn der scheinbare Durchmesser wächst oder abnimmt. Die Entfernung der Sonne trägt mit zu diesen Veränderungen bey, da im Winter, wo uns die Sonne näher steht, die Syzygienfluthen grösser, und die Quadraturfluthen kleiner sind, als im Sommer. Auch hängt die Grösse der Fluthen von der Declination der Sonne und des Mondes ab, da die Syzygienfluthen zur Zeit des Solstitiums immer kleiner sind, als zur Zeit der Nachtgleichen.

Auch die Zeiten, welche die Fluthen von einander trennen, sind ähnlichen Verschiedenheiten unterworfen. Die mittlere Zeit der doppelten Wiederkehr der Fluthen beträgt nach dem Vorhergehenden 1.035 Tage oder 24 Stunden und 50 Minuten, so dass daher Ebbe und Fluth an jedem folgenden Tage um 50 Minuten später eintreten, als an dem vor-

hergehenden Tage. Allein diese Verspätungen betragen in den Syzygien nur 39 Minuten, während sie in der Quadratur auf 75 Minuten steigen. Ferner erfolgt die grösste Fluth an jedem Tage im Mittel um drey Stunden nach der obern oder untern Culmination des Mondes, aber in den Syzygien beträgt diese Zeit 3.55, und in den Quadraturen nur 2.50 Stunden. Endlich muss noch bemerkt werden, dass die Fluth sowohl als die Ebbe im Allgemeinen desto grösser ist, je näher das Meer bey dem Äquator liegt. In grösseren Breiten werden sie immer kleiner, bis endlich in einer Breite von 65 Graden zu beyden Seiten des Äquators die Erscheinung gänzlich verschwindet.

Alles Vorhergehende zeigt, dass diese Bewegungen des Weltmeeres eine Folge der Anziehung der Sonne und besonders des Mondes sind. Kepler erkannte diess zuerst, aber er kannte weder das Gesetz dieser Anziehung, noch die Methoden, dieses Gesetz der Rechnung zu unterwerfen. Galilei machte ihm den Vorwurf, dass er dadurch die qualitates occultas der Alten wieder einführe, und wollte jene Erscheinung durch die Veränderungen erklären, welche die Oberfläche des Meeres durch die Wirkung der Rotation der Erde, verbunden mit ihrer Bewegung um die Sonne erleidet. Aber die Untersuchungen dieses Gegenstandes durch Newton, die im Jahre 1687 erschienen, bestätigten die Idee Kepler's, und zeigten den Irrthum der Erklärung Galilei's, die den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung der Flüssigkeiten entgegen ist. Newton's Auflösung dieses schweren Problems, obschon in ihren Principien richtig, liess doch noch manches zu wünschen übrig. Im Jahre 1738 machte die Academie in Paris diese Untersuchung zu dem Gegenstande einer Preisfrage, in deren Folge im Jahre 1740 vier Abhandlungen gekrönt wurden, von Daniel Bernoulli, Euler und Maclaurin. Der Verfasser der vierten, Cavalleri, suchte die Erscheinung aus den Wirbeln des Des Cartes zu erklären, und erwies dadurch diesem Systeme die letzte Ehre, diesem auf nichts gegründeten Systeme, welches den Fortgang der wahren Naturphilosophie in Frankreich so lange aufgehalten hatte. Jene drey ersten Arbeiten sind auf das Gesetz der allgemeinen

Schwere gegründet, und enthalten eine weitere Entwicklung der Untersuchung Newton's. Bernoulli rief noch, ausser diesem Gesetze, zur Erklärung jener Erscheinungen die Zeit zu Hülfe, welche die Anziehung des Mondes braucht, bis zur Erde zu gelangen. Allein es ist jetzt bekannt, dass die Anziehung aller himmlischen Körper mit einer Geschwindigkeit fortgepflanzt wird, die, wenn sie nicht in der That unendlich ist, doch gewiss die Geschwindigkeit des Lichtes mehrere Millionenmahle übertrifft. Erst im Jahre 1775 gab endlich Laplace die wahren Differentialgleichungen der Bewegung der Flüssigkeiten, welche die Erde bedecken, und der Anziehung der Sonne und des Mondes unterliegen, und dadurch die erste, alle Erscheinungen vollkommen erklärende Theorie der Ebbe und der Fluth (M. s. Laplace Mec. cél. Vol. II. und Expos. du syst. du monde Vol. II.)

Da die Wirkung der Sonne und des Mondes, um zu dem Weltmeer zu gelangen, die Atmosphäre der Erde durchdringen muss, so wird diese Atmosphäre ohne Zweifel ähnlichen Veränderungen, wie das Meer selbst, unterworfen seyn. Die Wirkungen dieser Veränderungen werden sich in den Variationen des Barometers und in denjenigen Winden zeigen, deren Richtung und Stärke periodisch ist. Aber in der durch so viele andere Störungen ohnehin so heftig bewegten Atmosphäre werden diese Wirkungen der Sonne und des Mondes weniger bemerkbar seyn, wie denn auch die ganze Ausdehnung der Oscillationen des Barometers, selbst an dem Äquator, wo sie am grössten ist, den Erfahrungen gemäss, noch nicht eine halbe P. Linie beträgt.

Die Ebbe und Fluth der Atmosphäre wird durch drey Ursachen erzeugt: durch die directe Wirkung der Sonne und des Mondes auf die Luft; durch das periodische Steigen und Fallen des Weltmeeres, dieser beweglichen Basis der Atmosphäre, und endlich durch die Anziehung des in seiner Gestalt periodisch veränderlichen Meeres. Da diese drey Ursachen ihren letzten Grund in der Anziehung der genannten beyden Gestirne haben, so unterliegen sie auch densel-

ben Gesetzen, wie die oben erwähnten Erscheinungen der Ebbe und der Fluth des Meeres. Die atmosphärische Fluth ist daher ebenfalls aus zwey partiellen Fluthen zusammengesetzt, deren die eine von dem Monde, und die andere von der Sonne kömmt. Die Periode der ersten partiellen Fluth ist ein halber Mondtag, und die der anderen ein halber Sonnentag.

Seit vielen Jahren wird auf der Sternwarte in Paris die Höhe des Barometers täglich viermahl um 0^h, 3^h, 9^h, 21^h mit Sorgfalt beobachtet. Ein Monat dieser Beobachtungen ist schon hinreichend, jene Schwankungen des Barometers zu zeigen. Im Mittel aus allem folgt, dass die grösste Höhe desselben um 21^h (oder um 9^h Morgens) um nahe 0.177 Par. Lin. die kleinste Höhe, die um 3^h Abends Statt hat, übertrifft. Die Sonnenfluthen, die täglich zu derselben Stunde wiederkommen, und sich mit den ebenfalls täglichen Einwirkungen der Temperatur vermischen, sind aus jenen Beobachtungen nicht zu erkennen, aber wohl die Mondsfluthen, die sich nach den Mondsstunden richten, und erst in einem halben Monate wieder auf dieselben Sonnenstunden fallen. Laplace fand daraus die Grösse der atmosphärischen Mondsfluth in Paris gleich 0.024 Par. Lin., und 3^h 20′ Abends am Tage der Syzygien für die Zeit dieser grössten Fluth. Es ist aber sehr schwer, eine so kleine Grösse unter so vielen andern Ungleichheiten, denen das Barometer ausgesetzt ist, mit Genauigkeit zu bestimmen. Aus zwanzigjährigen Beobachtungen Flaugergues zu Viviers fand er im Mittel die Barometerhöhe

im Neumond	755.48 Millimeter.
I. Octave	755.44
I. Quadratur	755.40
II. Octave	754.79
Vollmond	755.30
III. Octave	755.69
II. Quadratur	756.23
IV. Octave	755.50.

Daraus folgt, dass das Barometer während eines synodischen Monats von der zweyten Octave, wo es am tiefsten steht, bis zur zweyten Quadratur, wo es am höchsten

steht, steigt, und von da wieder abnimmt. Der Unterschied dieses grössten und kleinsten Werthes beträgt 1.44 Millimeter oder 0.64 Par. Linien. Für das Perigeum des Mondes findet er 754.73, und für das Apogeum 755.73, oder eine Differenz von 0.443 Par. Linien. Für die grösste nördliche Declination findet er 755.75, und für die grösste südliche 755.48, oder eine Differenz von 0.12 Par. Linien. Auch über die täglichen regelmässigen Oscillationen hat er Beobachtungen angestellt, aus denen folgt, dass das Barometer im Mittel um 16^h (oder 4^h Morgens) am tiefsten steht, von da bis 21^h um 0.23 Par. Lin. steigt, und von da bis 3^h Abends wieder um 0.50 fällt (Bibl. univers. April 1829.)

Umfassender hat diesen Gegenstand der täglichen Variationen des Barometers Carlini aus seinen eigens zu diesem Zwecke angestellten Beobachtungen untersucht. Er fand für die Sommermonate Junius und Julius

5^h	39′	tiefster Stand des Barometers	332.452 P. Lin.
13	38	höchster - - -	332.843
16	14	tiefster - - -	332.828
21	39	höchster - - -	332.938.

Daraus folgt, dass die bezeichneten vier Epochen zugleich die günstigsten für die Beobachtungen des höchsten und tiefsten Standes, aber auch die Ungünstigsten zur Bestimmung der Zeit dieser beyden Grenzen sind. Für die Wintermonate December und Januar fand er eben so

5^h	25′	tiefster Stand	331.667
10	43	höchster	331.757
15	35	tiefster	331.685
22	25	höchster	331.889

Die Grenzen des Barometerstandes fallen daher im Sommer und Winter in verschiedene Stunden, und der Raum zwischen diesen Grenzen ist im Sommer viel grösser, als im Winter. Carlini leitet diese Änderungen des Barometers aus zwey Ursachen ab, aus der anziehenden Kraft der Sonne, welche die dynamische Fluth erzeugt, deren Periode 12 Stunden beträgt, und aus der Temperatur der verschiedenen Tagesstunden, welche die physische Fluth erzeugt,

deren Periode 24 Stunden hat. Er fand den Ausdruck für die Höhe des Barometers

im Sommer $b = 332.7442 + 0.1982 \, \text{Sin} \, (174° \, 44' + 15t) + 0.0993 \, \text{Sin} \, (111° \, 15' + 30t)$

und im Winter $b = 331.7532 + 0.0667 \, \text{Sin} \, (120° \, 44' + 15t) + 0.0698 \, \text{Sin} \, (133° \, 54' + 30t)$

wo t die Tagesstunde, vom Mittag gerechnet, bezeichnet.

Setzt man in diesen Ausdrücken das Differential von b in Beziehung auf t gleich Null, so erhält man die oben mitgetheilten Grössen des höchsten und tiefsten Standes. In den beyden letzten Gleichungen drücken die ersten, von 15t abhängigen Glieder, die physische, und die zweyten, von 30t abhängigen, die dynamische Fluth des Sommers und des Winters aus. Ähnliche Resultate fand Carlini aus den Beobachtungen Chiminello's in Padua. (Mem. della società ital. delle sc. Vol. X.)

Sehr unvollkommen ist noch die Theorie derjenigen Bewegungen der Atmosphäre, die durch die Winde erzeugt werden. D'Alembert's im Jahre 1746 gekrönte Preisschrift über die Ursache der Winde nahm, um das Problem einfacher zu machen, zu sehr unsicheren Hypothesen seine Zuflucht, und seine Resultate können kaum als erste Näherungen gelten. Seine Ausdrücke führen auf einen constanten Ostwind, der aus der Wirkung der Sonne und des Mondes auf die Atmosphäre folgen soll; aber die Wirkungen dieser beyden Gestirne können weder in der Atmosphäre, noch in den Gewässern des Oceans eine constante Bewegung von Ost nach West hervorbringen, und die unter dem Namen der vents alisés bekannten tropischen Winde, die in der That jene Richtung haben, lassen sich sehr einfach auf folgende Weise erklären. Die Sonne, welche immer zwischen den beyden Wendekreisen sich bewegt, verdünnt die Luft zwischen diesen Kreisen durch ihre Wärme, und erhebt sie dadurch so lange, bis sie in den obern Theilen der Atmosphäre, durch ihr Gewicht, wieder zu beyden Seiten des Äquators, gegen die Pole zu, herabfliesst. Der durch das Aufsteigen dieser erwärmten Luft an dem Äquator der Erde erzeugte leere Raum wird sofort von der kühleren Luft eingenommen, die von den beyden Polen in jenen Raum sich

ergiesst. Dadurch entstehen zwey in ihrer Richtung entgegengesetzte Luftströmungen, eine untere an der Oberfläche des Äquators, und eine zweyte in grösseren Höhen über demselben. Da die die Erde umgebende Luft überall dieselbe Geschwindigkeit der Rotation mit ihren Parallelkreisen der Erde hat, so wird die erwähnte untere Luft, da sie von den Polen kömmt, sich langsamer als der irdische Äquator gen Ost bewegen, und der Beobachter, der sich unbeweglich glaubt, wird von dieser Luft, die sich langsamer, als er selbst, gen Osten bewegt, einen Widerstand fühlen, der ihm die Richtung von Ost gegen West zu haben scheint, oder er wird sich einem constanten Ostwind ausgesetzt glauben. Wenn man übrigens die mannigfaltigen Ursachen erwägt, welche das Gleichgewicht der Atmosphäre immerwährenden Störungen aussetzen; ihre grosse eigene Beweglichkeit und Elasticität, die Einflüsse der Wärme und Kälte auf ihre Spannkraft, die Menge fremdartiger Dünste, von denen sie abwechselnd erfüllt und wieder entladen wird u. s. f., so wird man die verschiedenen Bewegungen, denen sie unterworfen ist, auch wohl in der Zukunft nur sehr schwer unter bestimmte Gesetze bringen können. Aus denselben Gründen wird es noch lange vergeblich seyn, die Witterung auch nur Eines gegebenen Ortes für die nächstfolgenden Tage zu bestimmen, und wohl ganz unmöglich, diesen immer wechselnden Proteus für ganze Länder und Jahre zu fesseln, da seine mannigfaltigen Gestalten nicht sowohl von dem Einflusse der Himmelskörper auf unsere Atmosphäre, als vielmehr von unzähligen chemischen Prozessen erzeugt zu werden scheinen, die in unserm Luftkreise und unter der Oberfläche der Erde vor sich gehen.

Auch die andern Planeten sind wahrscheinlich alle mit ähnlichen luftförmigen Hüllen umgeben, und bey Venus, Mars und Jupiter haben sie die Beobachtungen bereits ausser Zweifel gesetzt. Wenn die Dichte derselben von der Oberfläche des Planeten an genau dem Drucke der obern Luftschichten oder der Barometerhöhe proportional abnähme, wie es das bekannte Mariotte'sche Gesetz fordert, so würde sich die Atmosphäre der Planeten durch ihre Elasticität ohne Ende ausdehnen, und sich endlich in den Räumen des Him-

mels zerstreuen. Da diess gegen die Erfahrung ist, so muss die Elasticität der Luft in grösseren Höhen schneller abnehmen, als der auf ihr lastende Druck, und endlich eine Verdünnung derselben Statt finden, für welche alle Elasticität der Luft verschwindet. So wird die Atmosphäre in ihrer obersten Grenze nur durch ihre Schwere zurückgehalten, und ihre Gestalt wird, wie jene des Planeten, die eines an seinen Polen abgeplatteten Sphäroids seyn. Diese Abplattung hat aber eine bestimmte Grenze, die sie nicht überschreiten kann, so dass für die grösstmögliche Abplattung die Axe des Poles sich zu der des Äquators wie zwey zu drey verhalten wird. Über den Äquator des Planeten kann sich diese Atmosphäre nur bis zu dem Punct erheben, wo die Centrifugalkraft der Schwere derselben gleich ist. Für die Sonne ist dieser Punct von dem Mittelpuncte derselben um den Halbmesser der Bahn eines Planeten entfernt, der seine Revolution in der Zeit der Rotation der Sonne vollendet, woraus folgt, dass sich die Atmosphäre der Sonne noch nicht bis zu der Bahn des Merkurs erstrecken, und dass sie also nicht, wie man früher glaubte, die Ursache des Zodiacallichtes seyn kann, wie auch schon die viel zu starke Abplattung dieses Lichtes zeigt.

Vorlesung VIII.

Fixsterne.

Bisher haben wir uns nur mit den uns zunächst liegenden Körpern unsers Sonnensystems beschäftiget. Erheben wir nun den Blick in die ungemessenen Räume, welche dieses System nach allen Richtungen umgeben.

Der fernste, uns bekannte Planet, Uranus, ist nach dem Vorhergehenden 19.182 Erdweiten oder 386 Millionen Meilen entfernt, eine Distanz, die das Licht in 2.63 Stunden zurücklegt. Allein diess ist noch nicht die Grenze unseres Sonnensystems. Der Komet von 1680, dessen Umlaufszeit 8817 Jahre beträgt, ist (Seite 91) in seinem Aphelium über 427 Erdweiten von der Sonne entfernt, und wahrscheinlich gibt es noch mehrere andere, deren Umlaufszeit noch viel grösser ist. Nehmen wir an, dass die Umlaufszeit des äussersten Kometen volle 100000 Jahre beträgt, so ist seine mittlere Entfernung von der Sonne 2154 Erdweiten, eine Distanz, welche das Licht in 12.25 Tagen, und der Schall, der in einer Secunde nahe 1000 P. Fuss zurücklegt, erst in 30000 Jahren durchlaufen würde.

Wie weit ist aber der nächste Fixstern von uns oder von der Sonne entfernt? — Die Beobachtungen haben diese Frage noch nicht beantwortet, und alles, was wir darüber mit Bestimmtheit sagen können, ist, dass die jährliche Parallaxe der bisher zu diesem Zwecke beobachteten Fixsterne (I. S. 283) noch nicht eine Secunde beträgt. Nehmen wir aber an, dass die Parallaxe des nächsten Fixsterns gleich

einer Secunde sey, so folgt daraus die Entfernung desselben von der Sonne gleich 206264 Erdweiten, eine Distanz, welche das Licht erst in 3.24 Jahren zurücklegen würde. Der Zwischenraum, der daher den äussersten Kometen von dem nächsten Sterne trennt, die Breite der Wüste, die zwischen diesen zwey nächsten Sonnensystemen liegt, beträgt 204110 Erdweiten oder über vier Billionen Meilen, ein Raum, der nahe hundertmahl grösser ist, als die Entfernung jenes letzten Kometen von unserer Sonne.

Um sich diese Entfernungen zu versinnlichen, wollen wir uns unser Sonnensystem durch eine Zeichnung oder durch ein Modell darzustellen suchen, in welchem der Durchmesser der Sonne, der 192480 geogr. Meilen beträgt, durch eine kleine Kugel von einer Par. Linie im Durchmesser dargestellt werden soll. Dieses vorausgesetzt, würde man, wenn man die oben gegebenen Verhältnisse der Entfernungen beybehält, die Erde als eine Kugel von 0.009 Linien im Durchmesser in die Distanz von 0.75 Fuss von der Sonne, Uranus aber 14.3, jenen äussersten Kometen 1606, und endlich den nächsten Fixstern 153793 Fuss oder 6.7 geographische Meilen von der Sonne entfernt setzen, so dass, obwohl der verjüngte Massstab dieses Modelles über sechsmahlhunderttausendmillionenmahl kleiner ist, als sein wahres Bild am Himmel, der Durchmesser dieses Modelles doch noch 13.4 geographische Meilen betragen würde, und doch ist die vorausgesetzte Distanz des nächsten Fixsterns wahrscheinlich viel zu klein angenommen, da eine jährliche parallactische Variation desselben von zwey Secunden unsern Beobachtungen nicht leicht entgehen könnte.

Unser reichste Sternkatalog, die Histoire céleste, enthält 50000 Sterne. Allein Herschel sah im Orion auf einem Streifen von 15 Grad Länge und 2 Grad Breite schon 50000 deutlich erkennbare Sterne durch das Feld seines Fernrohres gehen. Da ein solcher Streifen der 1375ste Theil der Himmelsfläche ist, die 41252 Quadratgrade enthält, so würde die ganze Oberfläche des Himmels über 68 Millionen Sterne enthalten, wenn sie überall gleich vertheilt wären. Und doch sind diess nur die nächsten Sterne, gleichsam die ersten Lampen, welche den Vorhof des Tempels der Natur

beleuchten, und gegen die Anzahl derjenigen in keinen Betracht kommen, die in dem ferneren Heiligthume desselben aufgestellt sind, aus welchem sie uns, nicht mehr als eigentliche Sterne, sondern nur als ein matter Schimmer aus ihren unendlichen Fernen entgegendämmern.

Wenn aber, wie man annehmen muss, die Distanz der Fixsterne unter einander im Allgemeinen nahe gleich gross ist, in welchen Entfernungen von uns sollen wir dann die äussersten derselben annehmen?

Die Milchstrasse ist eine lichte Zone von ungleicher Breite, die nahe in der Richtung eines grössten Kreises durch die Sternbilder Cassiopeia, Orion, Centaur, Schütze, Adler und Schwan geht. Starke Fernröhre lösen diesen Lichtschimmer in lauter kleine Sterne auf, und alle diese Sterne scheinen ein eigenes Sternsystem zu bilden, welches die Gestalt einer sehr abgeplatteten Kugel oder einer Linse hat, von deren Mittelpunct unser Sonnensystem nicht zu weit entfernt ist, daher sich die Sterne immer dichter drängen, je näher wir unsere Blicke gegen die angeführten Sternbilder, gleichsam gegen die Schneide jener Linse, wenden, während der Himmel in den Gegenden der beyden Pole der Milchstrasse, in dem Haar der Berenice und Bildhauerwerkstätte, beynahe sternleer erscheint. Wären wir von dem Mittelpuncte dieser Zone um den ganzen Durchmesser derselben entfernt, so würde uns die Milchstrasse nicht mehr als ein grösster Kreis, sondern als eine Scheibe von nahe 60 Graden im Durchmesser erscheinen, und in einer Entfernung von zehn Durchmessern würden wir diese Scheibe nur mehr unter einem Winkel von 5.°7 erblicken. In einer noch grösseren Entfernung würde die scheinbare Grösse sowohl als die Lichtstärke der Milchstrasse noch mehr abnehmen, und endlich selbst durch unsere Fernröhre nur mehr als eine kleine, matt erleuchtete Wolke erscheinen. Allein solche N e b e l f l e c k e finden wir in der That in sehr grosser Anzahl und nach allen Richtungen am Himmel zerstreut, und viele von ihnen werden durch unsere stärksten Teleskope in einzelne, dicht gedrängte Sterne aufgelöst. Sie scheinen daher eben so viele Milchstrassen zu seyn, deren jede, so wie die unsrige, wieder aus Millionen von Son-

nensystemen besteht. Aber die Entfernung derselben von uns ist vielleicht so gross, dass gegen sie die Distanz des nächsten Fixsterns nur als ein untheilbarer Punct verschwindet, so wie die Entfernung der Erde von der Sonne gegen die Distanz des nächsten Fixsterns nur als eine unmerkliche Grösse zu betrachten ist. Nach Herschel soll die Entfernung der Nebelflecke, welche sich noch in Sterne auflösen lassen, gegen 500 Sternweiten, deren jede 200000 Erdweiten, oder vier Billionen Meilen hat, und die Entfernung der ganz unauflösbaren wenigstens 8000 Sternweiten betragen. Von diesen letzten würde selbst das Licht, welches eine Sternweite in drey Jahren durchläuft, erst in 24000 Jahren zu uns gelangen. Dann also ist das Licht vieler Sterne, die wir jetzt am Himmel erblicken, schon vor 24000 Jahren von ihnen ausgezogen, und Sonnensysteme und Milchstrasse können verlöschen, ohne eher als 24000 Jahre nach ihrem Untergange von uns vermisst zu werden.

Wo ist aber die letzte dieser Welten, und wo die Grenze des Himmels? — Um den Raum der Schöpfung in einem Verhältnisse mit der unendlichen Macht des Schöpfers zu denken, müssen wir mit Kant diesen Raum selbst unendlich, also ohne alle Grenzen annehmen, um ein Zeuge von der Grösse zu seyn, die durch keine andere Grösse gemessen werden kann, von der Grösse, deren Unendlichkeit man nicht näher kömmt, wenn man ihre Wirkungssphäre in eine Kugel von einem Zoll, oder von tausend Sternweiten im Radius einschliessen will, weil alles, was endlich ist, sein bestimmtes Verhältniss zur Einheit hat, also von dem Unendlichen immer gleich weit entfernt bleibt. Die Ewigkeit der Zeit selbst ist daher noch nicht hinreichend, die Zeugnisse des höchsten Wesens zu fassen, wenn sie nicht zugleich mit der Ewigkeit, mit der über alle Grenzen sich erstreckenden Unendlichkeit des Raumes in Verbindung gebracht wird.

Allein, wenn die Anzahl der Sterne in der That unendlich ist, so würde jeder unserer Gesichtsstrahlen auf einen dieser Sterne treffen, und daher der ganze Himmel eben so hell, wie unsere Sonne, erscheinen. Diese Sonne selbst würden wir nur mühsam an ihren Flecken erkennen;

den Mond und die Planeten nur als dunkle Scheiben auf dem hellen Himmelsgrunde sehen, und von den Sternen selbst nichts als ein nach allen Seiten gleichförmig vertheiltes, blendendes Licht erblicken. Da dieses gegen die Erfahrung ist, so müssen wir mit Olbers (Berl. Jahrb. 1826) annehmen, dass der Weltraum nicht ganz durchsichtig ist, und dass daher das Licht der Sterne auf seiner Bahn durch diesen Raum eine Schwächung leide. Setzen wir voraus, dass von 800 Strahlen, die der nächste Stern zu uns sendet, bloss einer durch den Widerstand jenes Mittels verloren gehe, und denken wir uns dieses Licht als in einem Strahlencylinder eingeschlossen, so wird die gesehene Helligkeit des Sterns der Dichte des Lichtes in diesem Cylinder proportionirt seyn, und die Abnahme der Dichte des Lichtes wird sich wie diese Dichte selbst verhalten. Ist daher y die Dichte des Lichtes in der Entfernung x von dem Stern, so wird man haben

$$dy = -a\,y\,dx.$$

Integrirt man diese Gleichung so, dass $y = A$ für $x = 0$ ist, so erhält man

$$\log \frac{y}{A} = -a\,x.$$

Nach der vorhergehenden Annahme ist der Abstand des nächsten Sterns oder die Sternweite $x = 1$ gesetzt, $y = 799$ und $A = 800$, also auch nach der letzten Gleichung $a = 0.0005432$. Setzt man daher die Grösse A, oder die Helligkeit unserer Sonne, ebenfalls gleich der Einheit, so hat man

$$\log y = -0.0005432\,x,$$

und aus dieser Gleichung folgt, dass für

84	Sternweiten die Helligkeit des Sterns	0.9
554	- - - - -	0.5
5520	- - - - -	0.001 ist u. s. w.;

$$\text{für } y = \frac{1}{300000}$$

gibt diese Gleichung $x = 10083$, oder in der Distanz von 10083 wird die Helligkeit des Sterns nur mehr die unseres Vollmondes (S. 57) seyn, und es werden daher sehr viele solcher dichtgedrängter Sterne erfordert werden, um uns

diesen Sternhaufen selbst in der dunkelsten Nacht noch als einen blassen Nebelfleck erkennen zu lassen.

So wie also der Mond unserer Erde oder die Satelliten Jupiters, aus der Sonne gesehen, eine Reihe von Epicykeln beschreiben, deren Mittelpuncte auf der Peripherie der Bahnen dieser Planeten liegen, eben so beschreiben auch diese Planeten eine Reihe von Epicykeln, deren Mittelpuncte auf der Bahn liegen, in welcher die Sonne um den Schwerpunct unserer Milchstrasse sich bewegt (S. 12); eben so beschreibt diese Sonne wieder eine andere Reihe von Epicykeln, deren Mittelpuncte auf der Bahn liegen, in welcher der Schwerpunct unserer Milchstrasse sich um den Centralpunct eines ganzen Systems von Milchstrassen bewegt, und so fort in's Unendliche. Der menschliche Geist hat bisher die Bewegungen der Planeten und die Epicykeln kennen gelernt, welche die Satelliten auf den Bahnen ihrer Hauptplaneten beschreiben. Aber wenn Jahrtausende nöthig waren, diese Bewegungen des uns nächsten Planetensystems zu erforschen, welche Dauer wird die Bestimmung der Bewegung der Sonne und der unserer Milchstrasse erfordern? Und wenn wir einst dazu gelangen, wie weit werden wir noch von der Kenntniss des Weltalls entfernt seyn?

Da uns die Entfernungen der Fixsterne unbekannt sind, so lässt sich auch die Grösse derselben nicht bestimmen. Nach Herschel soll der scheinbare Durchmesser von α Lyrae gleich $\frac{1}{3}$ Secunde seyn. Ist seine Entfernung von uns gleich einer Sternweite, so würde sein Durchmesser den der Sonne 34 Mahl übertreffen. Ist aber die Parallaxe dieses Sterns, wie Einige gefunden haben wollen, gleich 2″, und sein scheinbarer Durchmesser gleich $\frac{1}{3}$″, so ist seine Entfernung 103132 Erdweiten, und sein wahrer Durchmesser 18 Mahl grösser als der der Sonne. Nach Herschel soll der Durchmesser Castors 1.″3 betragen, also würde, wenn er eine Sternweite von uns absteht, sein wahrer Durchmesser den der Sonne 130 Mahl enthalten. Unsere Sonne selbst, in die Entfernung einer Sternweite versetzt, würde uns nur unter dem Durchmesser von 0.″01 erscheinen. Ist überhaupt a, r, δ die Entfernung und der wahre und scheinbare Halbmesser des Sterns, so wie π die jährliche Parallaxe desselben,

und nennt man eben so R, A, $\varDelta$ die Entfernung der Sonne von der Erde, und den wahren und scheinbaren Halbmesser derselben, so hat man

$$r = a \operatorname{Sin} \delta, \quad R = A \operatorname{Sin} \varDelta, \quad \text{und } A = a \operatorname{Sin} \pi.$$

Die scheinbare Grösse der mit blossen Augen noch sichtbaren Fixsterne theilt man in sechs Classen, so dass die grössten Sterne die erste dieser Classen einnehmen. Die bloss durch Fernröhre sichtbaren bilden dann die folgenden, die siebente, achte Classe u. s. w. Die erste Classe enthält nur achtzehn Sterne, die daher allein zu den Sternen der ersten, oder der ersten und zweyten Grösse gezählt werden.

Auch das Licht der Sterne ist in Beziehung auf ihre Intensität und Farbe sehr verschieden. Sirius z. B. strahlt oder flammt vielmehr in einem lebhaft scintillirenden weissblauen Lichte, während Aldebaran, der grösste der Hyaden, mit einem matten, planetarischen, einer verlöschenden Kohle ähnlichen trübröthlichen Schimmer glänzt. Mehrere von den übrigen Fixsternen sind roth, wie Arctur und Antares, andere lichtgrün, blau, gelb, tiefgranatfarbig und so weiter. Bey einigen scheint Grösse und Farbe veränderlich zu seyn. So erschien Sirius den Alten roth, während wir ihn weiss sehen; Castor, der noch vor einem Jahrhundert für den grössten der beyden Zwillinge galt, ist jetzt kleiner als Pollux; α Adler ist jetzt einer der schönsten Sterne der ersten Grösse, während er früher nur zu den Sternen der zweyten Grösse gezählt wurde, und die sieben Sterne des grossen Bären scheinen Licht und Farbe beständig zu wechseln. Merkwürdiger sind noch die eigentlich so genannten veränderlichen Sterne.

Die folgende Tafel enthält die vorzüglichsten der jetzt bekannten veränderlichen Sterne. Die vierte Columne enthält die ganze Periode des Lichtwechsels, die fünfte und sechste die beyden äussersten Grenzen, unter welchen diese Sterne erscheinen, die siebente die Zeit der Zunahme, und die letzte die Zeit der Abnahme des Lichtes.

	Rectascension	Poldistanz	Periode Tage	Grösse	Grösse	Zeit der Zunahme Tage	Zeit der Abnahme Tage
Wallfisch.........	32° 34′	93 48	331.96	2.3	0	40	66
Perseus (Algol)....	44 7	49 45	2.3675	2	4	0.17	0.17
Löwe............	144 28	77 45	311.4	5	0	30	48
Jungfrau..........	187 20	82 1	146	6	0	39	42
Hydra............	199 58	112 21	494	3	0	43	83
N. Krone.........	235 17	61 17	335	6	...	....	.....
Hercules..........	256 36	75 24	60.5	3	4	22	39
Sob. Schild.......	279 23	95 53	60.6	5.6	6.7	19	42
Leyer............	280 52	56 50	6.44	3	5	3	3.4
Antinous.........	295 49	89 27	7.176	4	5	2.7	4.5
Schwan..........	295 54	57 33	47.5	4.5	0	39	73
Cepheus..........	335 37	32 30	5.364	3.4	4.5	1.5	3.9
Wassermann......	353 37	106 17	382.5	5.7	0	....	.....

Man sucht diese Wechsel durch einen linsenförmigen Bau, oder durch dunkle Flecken dieser Sterne, oder durch Planeten zu erklären, die uns zuweilen das Licht derselben entziehen. Es ist aber auch möglich, dass diese Sterne ihre Nacht, oder die Periode des Nachlassens ihres Leuchtens selbstständig auf ihrer Oberfläche entwickeln, und dass der bemerkte Wechsel nur eine Wirkung der An- und Abspannung jener inneren Thätigkeit ist. Andere Sterne sind gänzlich verschwunden. Tycho entdeckte am 11. November 1572 in der Cassiopejae (Rectascension = 0°.43, Poldistanz = 28°.22) einen neuen, früher dort nicht gesehenen Stern, der Sirius und Jupiter an Glanz übertraf, und selbst am Tage sichtbar war, der aber im Anfange des Jahres 1573 an Licht abzunehmen anfing, und im März 1574 wieder gänzlich verschwand. Am 10. October 1604 sah Kepler im östlichen Fusse des Schlangenträgers einen neuen Stern der ersten Grösse, der nach einem Jahre wieder unsichtbar wurde. Im Jahre 1670 fand Cassini einen neuen Stern im Schwan, der nach drey Monaten unsichtbar wurde, im folgenden Jahre wieder in einem hellen Lichte erschien, und bald darauf gänzlich, vielleicht für immer, verlosch. Da diese und ähnliche Sterne während der Periode ihrer Sichtbarkeit ihre Stelle nicht änderten, so scheint es auch dunkle Himmelskörper zu geben, die eben so gross und vielleicht grösser sind, als die Fixsterne, da vielleicht eben die grössten durch die gewaltige Anziehung ihrer Massen das Licht zurückhalten, und es an seiner Ausströmung hindern.

Beynahe alle Fixsterne zeigen eigene Bewegungen oder Ortsveränderungen, die übrig bleiben, wenn man zwey in der Zeit beträchtlich entfernte Beobachtungen derselben von der Präcession, Aberration und Nutation befreyt. Die Ursache dieser Bewegungen ist uns noch gänzlich unbekannt, aber bey manchen sehr gross. So ist die säculäre eigene Bewegung in Rectascension bey η Cassiopejae 178″, δ Urs. maj. 200″, e Eridanus 430″, μ Cassiopejae 570″ und so weiter.

Merkwürdiger sind noch die Bewegungen der Doppelsterne, nahe bey einander stehender Gestirne, deren man bereits über 3300 beobachtet hat, obschon die Anzahl derselben

viel grösser ist. Es ist nicht wahrscheinlich, dass diese Duplicität bloss von ihrer Stellung gegen unsere Gesichtslinie komme, auch zeigt die Bewegung dieser Sterne um einander, so wie ihre gemeinschaftliche Bewegung im Raume ihre nähere innere Verbindung. Die meisten derselben findet man in der Nähe der Milchstrasse, besonders im Pfeil, Fuchs, Geyer, Leyer und Orion, die wenigsten aber im grossen Bären, im Drachen und in den Jagdhunden. Die vorzüglichsten enthält die erste Tafel der Sammlung am Ende des Werkes.

Die meisten dieser Doppelsterne sind schon durch ihre Farben ausgezeichnet. So ist bey Castor der grosse weissgelb, der kleine blaugelb; bey γ Leonis der grosse röthlich, der kleine grün; bey α Herculis der grosse gelb, der kleine blau; bey 61 Cygni der eine gelb, und der andere dunkelroth. Gewöhnlich ist der eine gelb, und der andere blau, oder violett. Selten sieht man zwey gelbe beysammen, und dann sind sie mehr orangefarbig. Da, wo beyde Sterne von nahe gleicher Grösse sind, was sehr oft der Fall ist, erscheinen auch gewöhnlich beyde als kreisrunde Scheiben von sehr merklichem Durchmesser, was bey den an Grösse sehr verschiedenen Doppelsternen nicht Statt hat.

Der Winkel, welchen die beyde Sterne verbindende Linie, oder welchen die Distanz dieser Sterne mit dem Parallelkreise derselben macht, ist bey vielen veränderlich gefunden worden, wie bey α Cassiopejae, 65 Piscium, γ Virginis, σ Coronae, α Herculis u. s. w. Bey 61 Cygni ist die jährliche Änderung dieses Winkels 0.°73, und bey Castor 0.°965, woraus die Umlaufszeit des einen Sterns um den andern bey jenem 493, und bey diesem 375 Jahre folgt. Noch viel grösser ist diese Änderung bey ξ Urs. maj. und bey p Ophiuchi, so dass die Umlaufszeit des kleinen Sterns um den grossen bey ξ Urs. maj. 60, und bey p Ophiuchi 53 Jahre beträgt. Ähnliche, obwohl geringere, Änderungen hat man auch an den Distanzen dieser Doppelsterne bemerkt. ε Herculis erkannte Herschel im Jahre 1781 als einen Doppelstern, während man jetzt keine Duplicität desselben bemerkt. ε Orionis im Gegentheile war vor vierzig Jahren ein einfacher Stern, während er jetzt doppelt erscheint. Diess sind

daher wahre Sternbedeckungen, wo eine Sonne die andere bedeckt.

Viele dieser Doppelsterne haben überdiess eine beträchtliche eigene, beyden Sternen gemeinschaftliche Bewegung im Raume. So ist die säculäre Bewegung

	in Rectascension	in Poldistanz
von ξ Urs. maj.	60 Raumsecunden	62″
66 Ceti	73 - -	4
44 Bootis	83 - -	2
η Cassiopeiae	182 - -	47
61 Cygni	496 - -	330,

und es ist merkwürdig, dass 61 Cygni unter allen bekannten Sternen des Himmels die grösste eigene Bewegung hat, und zugleich ein Doppelstern ist. Noch kann bemerkt werden, dass die näheren Doppelsterne die sichersten Prüfer der Fernröhre sind, da schon sehr vollkommene Instrumente dieser Art dazu gehören, um die Duplicität von ζ und ε Bootis, γ Herculis, und besonders von ε Arietis, η Herculis und γ Cor. bor. zu erkennen.

Auch dreyfache Sterne werden häufig am Himmel gefunden, als ψ Cassiopeiae, 11 Monocerotis, ζ Cancri, ξ Librae u. s. w. Vierfache Sterne sind θ Orionis, in welchem erst vor Kurzem noch ein fünfter entdeckt worden ist, ε Lyrae, β Lyrae u. s. w. Eben so findet man fünf- und mehrfache Sterne, und σ Orionis ist sogar ein sechzehnfacher Stern, die vermuthlich alle zusammengehören, so wie es auch sehr wahrscheinlich ist, dass mehrere der gedrängten und schon mit freyen Augen sichtbaren Sterngruppen ein abgeschlossenes System bilden, wie z. B. die Pleiaden, wo 1 Stern der vierten, 6 der fünften, 5 der sechsten und 32 Sterne der siebenten Grösse in einem Kreise vereinigt erscheinen, dessen Halbmesser nur einen Grad des grössten Kreises des Himmels beträgt.

Vorlesung IX.

Ursprung des Weltsystems.

So wie alle Gegenstände unserer Sinnenwelt von dem Augenblicke ihrer Entstehung verschiedene Stufen ihrer Entwicklung durchgehen, bis sie den höchsten Gipfel ihrer Ausbildung erreichen, von welchem sie dann allmählig wieder zurückschreiten, und wenigstens einer scheinbaren Vernichtung ihrer Form entgegeneilen, eben so wird wahrscheinlich auch der Zustand, in welchem wir jetzt unser Sonnensystem erblicken, nur die Folge einer andern, vielleicht Jahrtausende früher vorhergegangenen Entwicklung seyn.

Unser Planetensystem zeigt uns drey über alle Körper desselben sich erstreckende Erscheinungen, von welchen uns das Gesetz der allgemeinen Schwere, durch welches sonst alle Bewegungen, und selbst die scheinbaren Anomalien dieses Systems vollständig erklärt werden, keine Rechenschaft geben kann, und welche wahrscheinlich ihren Grund in den Umständen der ursprünglichen Entstehung dieses Systems haben. Alle Planeten nämlich und alle Satelliten dieser Planeten ohne Ausnahme bewegen sich in der Richtung von West nach Ost um die Sonne sowohl als auch um ihre eigenen Axen; alle bewegen sich ferner in nahe kreisförmigen Bahnen, keine in sehr excentrischen Ellipsen, um die Sonne, und die Ebenen dieser Bahnen endlich liegen alle in einer engen Zone, die den Sonnenäquator einschliesst, und ausser welcher kein Planet mehr angetroffen wird. Nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung kann man 200 Billionen gegen die Einheit wetten, dass diese Einrichtung nicht das Werk des Zufalls ist, und die Behauptung, dass

jenen Phänomenen eine gemeinschaftliche Ursache zu Grunde liege, hat daher einen höhern Grad von Gewissheit, als die meisten unserer historischen Nachrichten, an welchen Niemand einen Zweifel sich erlaubt. Die Ursache, welche diese Erscheinungen hervorgebracht hat, muss also alle Körper des Planetensystems umfasst haben, und wegen der erstaunlichen Entfernung dieser Körper von einander ein Fluidum von einer unermesslichen Ausdehnung gewesen seyn. Dieses Fluidum muss die Sonne nach Art einer Atmosphäre umgeben haben, oder die Atmosphäre, die durch eine sehr grosse Hitze ausgedehnte, und bereits einer Rotation um ihre Axe unterworfene Masse der Sonne, muss sich anfänglich über alle Planetenbahnen hinaus erstreckt, und sich erst später nach und nach in ihre gegenwärtigen Grenzen zurückgezogen haben. In diesem primitiven Zustande war daher unsere Sonne jenen Nebelflecken ähnlich, die uns durch unsere Fernröhre als ein mehr oder weniger leuchtender Kern erscheinen, umgeben von einer nebelartigen Hülle, die durch ihre fortschreitende Verdichtung und Niederschlagung auf den Kern endlich den eigentlichen Stern erzeugt.

Diese Atmosphäre der Sonne konnte nicht ins Unendliche ausgedehnt seyn, sondern sie musste ihre Grenze dort haben, wo die durch ihre Rotation erzeugte Schwungkraft gleich der Schwere der Sonne war. Wenn aber, durch die Abnahme der hohen Temperatur an der Oberfläche dieser Atmosphäre, die Grenzen derselben sich zusammenziehen, und dem Mittelpuncte der Sonne genähert werden, so muss dadurch die Rotation der äussersten Elemente dieser Atmosphäre immer geschwinder werden, und dadurch werden diese, durch Abkühlung erhärteten Elemente von der übrigen Atmosphäre getrennt, nach den Gesetzen der Centralbewegung ihre Bahn abgesondert um den Centralkörper fortsetzen. Diese Atmosphäre wird also in der Ebene ihres Äquators, wo die Geschwindigkeit der Rotation und also die Schwungkraft der einzelnen Elemente am grössten ist, durch Abkühlung erhärtete Zonen, flüssige oder feste Ringe absetzen. Da aber die Bildung solcher Ringe eine gleichmässige Regelmässigkeit der Bildung derselben in allen ihren Theilen voraussetzt, so wird die Ent-

stehung, oder doch die dauernde Erhaltung derselben nur selten sich ereignen können, daher wir auch in unserm Systeme nur ein Beyspiel derselben antreffen. Fast immer wird dieser Ring von Dämpfen an mehreren Stellen brechen, und sich in einzelne Körper auflösen, die mit nahe gleichen Geschwindigkeiten sich einzeln um die Sonne bewegen. Diese isolirten Massen werden eine sphäroidische Gestalt und eine mit ihrer Revolution übereinstimmende Richtung der Rotation annehmen, weil ihre der Sonne näheren Elemente eine kleinere Geschwindigkeit haben, als die entfernteren, wovon wir ein Beyspiel bey den vier neuen Planeten haben.

Wenn dann eine dieser in ihrem Volumen durch die Hitze noch sehr ausgebreiteten Massen stark genug ist, die übrigen anzuziehen und mit sich zu vereinigen, so wird der ursprüngliche Ring die Gestalt eines einzigen sphäroidischen Planeten annehmen, der sich um die Sonne in derselben Richtung bewegt, in welcher er sich um seine eigene Axe drehet. Verfolgt man eben so die Veränderungen, welche eine ähnliche Abspannung der Temperatur auch bey diesen anfangs noch dunstförmigen, und durch die Hitze sehr ausgebreiteten Planeten während ihrer Zusammenziehung erzeugt, so werden auch an den auf einander folgenden Grenzen ihrer Atmosphäre und in der Nähe ihrer Äquatoren Ringe und daraus abgesonderte Massen, die Satelliten entstehen, die sich um den Mittelpunct dieser Planeten und zugleich in derselben Richtung auch um ihre eigene Axe bewegen. Wäre die so erklärte Formation unserer Planeten und Satelliten mit einer ganz vollkommenen Regelmässigkeit entstanden, so würden die Bahnen dieser Körper alle auch vollkommen kreisförmig gewesen seyn, und die Ebenen ihrer Äquatoren so wie die der Ringe würden alle in der Ebene des Sonnenäquators liegen. — Da aber die geringste Verschiedenheit in der Temperatur und in der Dichte dieser Körper auf jene Gleichförmigkeit störend einwirken musste, so ist es genug, diese Störungen nur nicht zu gross anzunehmen, um aus dieser Erklärung den wahren Grund der oben erwähnten drey Erscheinungen hervorgehen zu sehen.

In dieser Hypothese werden die Kometen als dem Planetensystem fremde, oder doch als solche Körper betrachtet, die nicht, wie die Planeten, aus der Atmosphäre der Sonne entstanden seyn können, da die Kometen weder in der Richtung ihrer Bewegungen, noch in den Neigungen ihrer Ebenen, noch endlich in der Excentricität ihrer Bahnen die oben erwähnten Eigenschaften zeigen. Wenn mehrere dieser Kometen durch jene Atmosphäre der Sonne zur Zeit ihrer grossen Ausdehnung gegangen sind, so mussten sie, durch den Widerstand dieser Atmosphäre, Spiralen beschreiben, in welchen sie endlich auf die Sonne fielen, um sich mit ihr für immer zu vereinigen. Man sieht so, dass es jetzt nur noch solche Kometen geben kann, welche zur Zeit der Bildung der Sonne ausser der Atmosphäre derselben sich befanden, und dass ihre Bahnen sehr excentrisch seyn müssen, weil wir nur diejenigen beobachten können, welche in ihrem Perihel nahe genug zur Sonne kommen. In der That war unter allen bisher beobachteten Kometen bloss der von 1747 über zwey Halbmesser der Erdbahn in seinem Perihelium von der Sonne entfernt, während alle anderen ihr viel näher vorbey gingen. Eben so sieht man, dass ihre Neigungen dieselbe Mannigfaltigkeit zeigen müssen, als wenn sie bloss dem Zufalle überlassen gewesen wären, weil die Sonnenatmosphäre keinen Einfluss auf ihre Bewegungen haben konnte, so dass daher die lange Dauer der Umlaufszeiten der Kometen, die grosse Excentricität ihrer Bahnen und die Mannigfaltigkeit ihrer Neigungen mit jener Hypothese des Ursprungs des Planetensystems sehr wohl übereinstimmen.

Allein ist der Zustand, in welchem unsere Sonne die Gestalt eines runden, kugelförmigen Nebelfleckes mit einem leuchtenden Kern in ihrem Mittelpuncte hatte, auch die wahrhaft erste, die ursprüngliche Form dieses Himmelskörpers? Und haben alle übrigen Fixsterne, die wahrscheinlich auch Sonnen sind, in der Vorzeit dieselben Veränderungen ihrer Gestalt erlitten?

Wir sehen durch lichtstarke Fernröhre mehrere grosse Gegenden des Himmels mit äusserst feinen, beynahe farbenlosen und an ihren Grenzen unbestimmt auslaufenden

Nebeln oder Dünsten bedeckt. In dem Sternbilde des Schwans, des Dreyecks, der Fische u. s. f. findet man solche Lichtwolken, die sich über zehn und mehr Quadratgrade ausdehnen. In anderen Gegenden, im Schwan, im Fuchse, erblickt man kleinere, obschon noch immer zwey und mehr Grade bedeckende Nebel, die an ihren Grenzen eine bestimmte Abschliessung zeigen, und sich durch ein an mehreren ihrer Stellen helleres Licht, durch eine Art von Dämmerung auszeichnen. In andern, noch kleineren Nebeln ist das Licht der helleren Stellen nicht mehr düster, sondern bereits heller gefärbt, und gegen den Mittelpunct an Intensität hervortretend. Man sieht diese Nebel nicht mehr, wie jene zwey ersten, isolirt, sondern immer in Gesellschaft, gleichsam in Heerden versammelt, wo sie, wie unsere sogenannten Lämmerwolken, grosse Strecken des Himmels schuppenartig bedecken, ohne übrigens durch eine bestimmte, regelmässige Form ausgezeichnet zu seyn.

Diese formbildende Kraft erscheint erst in den Nebeln der folgenden Classe, die noch kleinere und schärfer begrenzte Nebel von verschiedenen Gestalten enthält: ringförmige Nebel mit schwarzen Öffnungen in ihrer Mitte; aufwärts ausgezackte, gleichsam flackernde Lichtflammen; elliptisch gebildete oder auch fäden-, spindel- und fächerartige Gestalten, Sterne mit Nebelschweifen oder mit zwey einander gegenüberstehenden Armen u. f. Mehrere nahe stehende deuten auf eine Art von Zusammenleben und gegenseitiger Abhängigkeit. In dem Sternbilde des grossen Löwen stehen zwey sich beynahe berührende Nebel, an Grösse, Gestalt und Farbe vollkommen gleich; in der Jungfrau sieht man zwey andere mit Mähnen, die an ihren Enden in einander fliessen; im Becher sind zwey elliptisch geformte Lichtwolken noch durch ein zartes Nebelband verbunden; bey ꝛ Wallfisch liegen vier, und in der Locke Berenicens sechs kleine Nebel in einem kreisförmigen Raum wie in einem Neste beysammen. Hier stehen zwey benachbarte Nebel, der eine hell und rund, der andere düster und von birnförmiger Gestalt, seine verlängerte Spitze gegen den ersten gerichtet: er scheint von diesem angezogen und gleichsam aufgesaugt zu werden. Dort ist ein anderer Nebel in der Gestalt einer

Retorte von langem Halse, dessen entferntes Ende immer dünner und matter wird: er hat seinen Nachbar vielleicht schon aufgesaugt, und jener Hals ist der letzte Rest der untergehenden Welt.

So verschieden die mannigfaltigen Gestalten dieser Classe sind, so enthalten sie doch noch nicht die einfachste und regelmässigste von allen, die Kreisform, die ausschliesslich den Körpern der letzten Classe angehört, und wahrscheinlich nur die Wirkung einer weiter vorgeschrittenen Ausbildung ist. Viele dieser Nebelscheiben sind noch durchaus gleich, und meistens matt beleuchtet; bey andern nimmt das Licht gegen ihren Mittelpunct stufenweise zu; bey einigen tritt ein heller Centralkörper hervor, der bereits schärfer von der ihn umgebenden düstern Atmosphäre gesondert, aber noch immer schwach beleuchtet und von grösserem Durchmesser und selbst noch scheibenartig ist; bey anderen ist diese Scheibe bereits kleiner und heller beleuchtet, bis sie endlich in einen einzigen blendenden Lichtpunct, gleichsam in einen Stern sich zusammenzieht, der aber noch immer von jener matten Nebelhülle umgeben ist. Nicht mehr Nebel und noch nicht eigentlicher Stern tragen diese Körper die Natur von beyden an sich, und bilden dadurch die eigentliche Übergangsstufe von den neblichen zu den sternigen Wesen des Himmels: Wesen, die amphibienartig in beyden Elementen leben, und obgleich bereits der edleren Classe angehörend, doch noch die Überreste ihrer letzten Verpuppung an sich tragen. Die meisten dieser Nebelsterne, wie sie Herschel sehr passend nennt, sind mit einer äusserst schwachen, kugelförmigen Lichtatmosphäre, andere nur mehr mit einem sie oft in grosser Entfernung umkreisenden Dunstringe umgeben; wieder andere ziehen noch Nebelstrahlen und Lichtschweife wie Kometen nach sich, oder scheinen mit Nebelwülsten, Lichtbüscheln, fächerartig sich entfaltenden Dünsten, mit Mähnen oder Locken umgeben.

Wenn wir aber, statt die Reihe dieser Abwechslungen in den Gebilden des Himmels noch weiter zu verfolgen, einen Blick zurückwerfen auf jene düstern, weit verbreiteten Wolken, und von ihnen durch die erwähnten stufenweisen

Verwandlungen hinaufsteigen bis zu den eigentlich so genannten Fixsternen, die unsere Unkenntniss des Gegenstandes bisher zu den einzigen Bewohnern des Himmels gemacht hat — so scheinen wir durch einen grossen Garten gewandert zu seyn, in welchem wir die mannigfaltigen Gewächse desselben auf allen Stufen ihres Wachsthumes übersehen, und in diesen Abstufungen selbst die allmählige Entwicklung dieser Gewächse erkennen können, wenn gleich ihr Wachsthum Millionen von Jahren, und ihre Lebensdauer Zeiträume umfasst, gegen die die Dauer des Menschenalters nur ein verschwindender Augenblick ist. Scheint nicht jener Urnebel, das Chaos der künftigen Welten, schon von dem Geiste des Lebens und von der Kraft der selbstthätigen Entwicklung beseelt zu seyn, der sich auch in dem Keime der kleinsten unserer Pflanzen offenbart? Scheinen diese auf einander folgenden Veränderungen der äusseren Form jener Körper nicht offenbar die Wirkungen einer immer zunehmenden Verdichtung des nebeligen Stoffes zu seyn, der in dieser seiner ursprünglichen Gestalt aus der Hand der Allmacht quoll, und zuerst die Räume des Weltalls erfüllte? Wenn in jenen Urwolken überwiegende Puncte der Anziehung entstanden, die sich uns durch die oben erwähnten lichten Stellen dieser Wolken kenntlich machen, so mussten sie die benachbarten Elemente an sich ziehen, und dadurch die Nebelmasse zwischen zwey lichten Stellen immer dünner machen, bis endlich das Gleichgewicht und der Zusammenhang des Ganzen aufgehoben, und die ursprünglich gleich dichte Wolke in mehrere einzelne gesondert wird, die als Theile von jener k l e i n e r, als Producte einer bereits vorgerückten Verdichtung h e l l e r, und endlich als Überreste jener weit verbreiteten Nebelmassen, auf dem Orte ihrer gemeinschaftlichen Geburt, nicht einzeln und isolirt, sondern nur in Gruppen und Lagern versammelt seyn werden, was alles mit den oben gegebenen Beobachtungen vollkommen übereinstimmt. Die auffallende Reinheit des Himmelsgrundes zwischen den erwähnten Schuppenwolken; die Abwesenheit alles nebeligen Stoffes, und selbst der Fixsterne an der Grenze dieser weit verbreiteten Lager: das regelmässige Aufhellen des Lichtes in den späteren Perioden;

das Incinanderfliessen benachbarter Nebel; die Verbindung mehrerer Gestirne durch Nebelbänder; ihr familienweises Zusammenleben in oft scheinbar sehr kleinen Räumen, und endlich das ihnen allen gemeinschaftliche Bestreben, alle gestaltlose und ungeregelte Form abzustreifen, von ihrer Nebelhülle sich zu befreyen, eigentliche Gestirnnatur anzunehmen, und sich zur Kugelgestalt abzurunden, — alles diess zeigt unverkennbar, dass die Körper des Himmels keineswegs in der Gestalt, in welcher wir sie jetzt, als vollendete Sterne, erblicken, sondern dass sie aus einem ihnen allen gemeinschaftlichen Grundstocke, dem Urnebel, durch Verdichtung, durch Niederschlag der primitiven Masse, oder durch Ablagerung derselben um einen Mittelpunct der Anziehung entstanden sind, kurz, dass das Princip der Annäherung, der Verdichtung und der Abrundung (vielleicht alle nur eine Folge der Attraction) in dem Bildungsprocesse der himmlischen Körper vorherrschend ist, und dass endlich auch dort, in jenen Höhen, das, was wir hier unten wachsen nennen, nichts anderes, als eine nach bestimmten Gesetzen fortgehende Aggregation und Assimilation der die Natur dieser Körper bestimmenden Elemente ist.

Zum Schlusse dieses Gegenstandes wollen wir noch einige der vorzüglichsten jener Gebilde des Himmels näher angeben.

Einer der grössten Nebelflecke, schon mit freyen Augen sichtbar, ist in dem Schwerte Orions $AR = 5^h\ 27'$, Poldistanz $= 95^\circ\ 0'$. Die vorzüglichste Beschreibung desselben ist von Herschel d. J. im dritten Bande der Mem. der astronomischen Gesellschaft in London gegeben worden. Er ist durch seine Grösse, durch seine sonderbare Form, die dem geöffneten Rachen eines Thieres gleicht, durch sein starkes Licht und durch die Mannigfaltigkeit seiner Beleuchtung ausgezeichnet. Ein Theil desselben ist blass und matt begrenzt, während der andere lebhafte Strahlen wirft, und nicht sowohl in einem stetigen Lichte zu leuchten, als vielmehr in gleichsam electrischen Strahlen aufzulodern scheint. Beyde Theile sind durch einen plötzlichen, schroffen Abfall des Lichtes getrennt, und hart an der hellsten Stelle ist eine schwarze Höhle, in welcher

Schröter zuweilen kleine Sterne, pyramidalische Lichtnebel oder Lichtkugeln entstehen, und oft schon nach wenigen Tagen wieder verschwinden sah. Solche räthselhafte schwarze Öffnungen sieht man in dem grossen Sternhaufen des Perseus $A = 2^h\ 6'$, $P = 33°\ 41'$; in dem Nebelfleck der Leyer $A = 18^h\ 47'$, $P = 57°\ 11'$; in dem Nebel des Schützen $A = 17^h\ 51'$, $P = 113°\ 0'$. Bey Antares im Scorpion zieht durch eine solche schwarze Öffnung ein Rain dicht gedrängter Sterne, wie eine Perlenschnur, alle durch eine dunkelrothe Farbe ausgezeichnet. Hieher gehören auch die beyden grossen dunkeln Stellen in einem der hellsten Theile der Milchstrasse am südlichen Himmel, nahe an der Ostseite des Kreuzes und in der Carls-Eiche, die beyde unter der Benennung der Capflecke oder der Kohlensäcke bekannt sind.

Ein zweyter sehr grosser und schon mit blossen Augen sichtbarer Nebelfleck ist in der Andromeda $A = 0^h\ 33'$, $P = 49°\ 42'$. Er hat die Gestalt einer Raute, deren grösserer Durchmesser fünfzehn Minuten beträgt. Andere Nebelflecke von bedeutender Grösse sind die folgenden, zu deren genauer Erkennung aber meistens sehr gute Fernröhre gehören.

AR		Poldistanz		
1^h	49′	71°	41′	Rund, in der Mitte hell, 4 Minuten im Durchmesser.
2	11	48	26	Gross und hell, 5^M lang, 3^M breit, in der Mitte dunkler.
2	37	98	20	Ausgebreitet, in der Mitte sehr hell.
7	19	23	55	Gross, hell und rund, die Mitte heller, mit einem Kerne, Durchmesser 7^M.
8	41	55	55	Schön, gross und hell, 8^M lang, 3^M breit.
9	20	43	29	Rund, in der Mitte sehr hell, Durchmesser 3^M.
9	40	16	56	Gross, im Fernrohre in kleine Sterne auflösbar, 7^M lang, 6^M breit.
10	26	51	50	In der Mitte sehr hell, 4^M lang, 2^M breit.

AR		Poldistanz		
11^h	16′	45°	28′	Gross, mit einem Kern in der Mitte, 6 Min. lang, 2 Min. breit.
12	10	41	42	Glänzend heller Kern mit nebligen Strahlen, 15^M lang.
12	27	63	2	Ein heller Lichtstrahl, 20^M lang, 4^M breit.
15	9	87	16	Kugelförmig, glänzend hell, in der Mitte lichter, schon mit mässigen Fernröhren sichtbar.
16	36	53	14	Beyde glänzend hell, in der Mitte dicht, mit mässigen Fernröhren schon erkennbar.
16	38	91	54	
17	52	113	26	Drey Nebelflecke dicht an einander, in ihrer Mitte ein Doppelstern.
17	53	114	28	
22	29	56	41	Ein sehr ausgebreiteter Nebelfleck, durch gute Fernröhre auflösbar.

Auch die eigentlichen Fixsterne erscheinen im Weltraume sehr ungleichförmig vertheilt. So zeigt sich selbst dem unbewaffneten Auge das Sternbild Orions, die Gegend zwischen α, γ und θ der Leyer, oder die zwischen β, ζ und l des Stiers sehr sternreich, während der Luchs oder das Camelopard nur sehr wenige und kleine Sterne enthält. Die Krippe im Krebs (AR = 8^h 29′, Poldistanz 69° 30′) enthält auf der Fläche eines halben Quadratgrades über vierzig deutlich erkennbare Sterne, und die Pleiaden im Stier (AR = 3^h 37′, Poldistanz = 66° 27′) enthalten auf dem Raume eines Kreises von einem Grade im Halbmesser 1 Stern vierter, 6 fünfter, 5 sechster und 32 Sterne siebenter Grösse, also 44 noch mit freyen Augen erkennbare Sterne (S. 129). Es ist äusserst unwahrscheinlich, dass diese auf so kleine Räume zusammengedrängten Sterne ihre Lage nur dem Zufalle, oder bloss ihrer Stellung gegen unser Auge verdanken, und dass sie unter einander unabhängig seyn sollten. Noch unwahrscheinlicher ist diese Voraussetzung bey den eigentlich so genannten Sternhaufen, wie sie Herschel nannte, meistens sehr regelmässigen und kugelförmigen lichten Massen, die sich durch stärkere Fernröhre in Tausende von kleinen Fixsternen auflösen, deren Dichte gegen den Mittel-

punct dieser Massen gleichförmig zunimmt, vielleicht die schönsten und prachtvollsten Gegenstände des Himmels, die uns das Bild einer Welt von unzähligen, sich um einander bewegenden Sonnen gewähren. Viele der oben erwähnten Nebel werden ohne Zweifel ähnliche Sternhaufen seyn, die aber, ihrer grösseren Entfernung wegen, von unsern Fernröhren nicht mehr in einzelne Sterne aufgelöst werden können. Die vorzüglichsten dieser kugelförmigen, und meistens schon durch mässige Teleskope erkennbaren Sternhaufen sind:

AR		Poldistanz	
1h	17′	27°	36′
1	34	29	39
12	30	115	44
13	3	60	45
13	5	71	17
16	47	93	48
16	50	116	0
17	13	46	51
18	22	107	59
19	10	60	8
20	44	103	13
21	21	79	6
21	24	91	32.

Überhaupt fand Herschel d. A., dem wir die Kenntniss dieser Himmelskörper vorzüglich verdanken, 88 grobzerstreute, 67 gedrängte und 42 sehr gedrängte und reiche Sternhaufen; von den Nebelflecken fand er 52 sehr grosse, sich über mehrere Grade erstreckende, 978 sehr düstere, 907 lichtschwache, 288 glänzende, und endlich 78 planetarische Nebel, von der Ähnlichkeit mit den Planetenscheiben so genannt, also zusammen 2303 Nebelflecke.

Vorlesung X.

Dauer des Weltsystems.

Wir haben in dem Vorhergehenden gesehen, dass die Körper des Himmels, wie die, welche uns zunächst auf unserer Erde umgeben, einer stufenweisen Entwickelung unterworfen sind, in welcher sie sich unter mannigfaltigem Wechsel ihrer Gestalten der Ausbildung nähern, zu der sie bestimmt sind. Wenn sie aber endlich diese Stufe ihrer Vollendung erreicht haben, was wird dann ihr Loos seyn? Werden sie wieder herabsteigen von ihrer Höhe? Werden auch sie altern und sterben, wie alles, was uns umgibt?

Wenn wir sehen, dass allen Dingen dieser Erde eine oft nur sehr kurze Periode ihres Daseyns angewiesen ist, nach welcher sie verschwinden und nicht mehr wiederkehren; wenn jeder kommende Winter die schönen Gebilde unserer Fluren zerstört; wenn ganze Geschlechter von Thieren verschwinden; wenn volkreiche Städte untergehen, und weltbeherrschende Nationen vorüberziehen vor unseren Augen, wie die Bilder eines Schattenspieles an der Wand, und spurlos hinuntersinken in die ewige Nacht; wenn so alles, was uns hier unten umgibt, fortgerissen wird von dem Strome der Zeit und seiner Auflösung und Zerstörung unaufhaltsam entgegeneilt, so wenden wir uns schaudernd ab von diesen Bildern des Todes, und erheben unseren Blick aufwärts, um dort noch Trost und Hülfe zu finden. Dieser Himmel, der über uns ausgespannt ist, wird bleiben und bestehen, wenn auch alles unter ihm vergeht, und diese Sonne, dieser Mond, die uns so freundlich im Leben geleuchtet haben, sie werden wenigstens die Blumen noch bescheinen, die über unseren Gräbern blühen. — Oder ist auch diese

Hoffnung eitel? Sollen diese Körper des Himmels, soll der Himmel selbst auch vergehen? Erstreckt sich jene alles zermalmende Kraft des Todes fort und fort bis an die Grenzen des Weltalls, und soll einst eine Zeit kommen, in welcher auch von ihnen dort, wie von uns hier, keine Spur mehr ist?

Die Astronomen haben sicht bemüht, diese niederschlagenden Ideen zu zerstreuen, und in der Einrichtung unseres Planetensystems selbst die Ursachen seiner immerwährenden Erhaltung zu finden. Selbst auf unserer Erde zeigen sich Anlagen, die unverkennbar auf die Absicht einer sehr langen Dauer derselben deuten. Die durch die Beobachtungen bestätigte Stabilität der beyden Pole der Erde auf ihrer Oberfläche, und das Gleichgewicht der diese Oberfläche bedeckenden Meere, die nie aus ihren Gestaden treten, und die beyde zur Erhaltung organischer Wesen so nothwendig sind, sind zugleich beyde nur eine einfache Folge der Rotation der Erde, verbunden mit der Wirkung der allgemeinen Schwere. Denn diese Rotation hat die Erde abgeplattet, und diese Abplattung hat die Lage der Rotationsaxe gesichert, und dadurch die Beständigkeit des Klimas jedes Erdstriches, und die Unveränderlichkeit der Dauer des Tages, dieser Basis aller unserer Zeitmessungen, heraufgeführt; die Schwere aber hat die dichteren Schichten der Erde ihrem Mittelpuncte genähert, und dadurch die mittlere Dichte der Erde grösser, als jene der sie bedeckenden Gewässer gemacht, was allein schon hinreichend war, die Stabilität des Gleichgewichtes der Meere zu sichern, und der Wuth ihrer Fluthen einen Zügel anzulegen, der ihnen nicht gestattet, ihre Ufer zu verlassen, und das Festland, den Wohnort unzähliger Landthiere, mit ihren Wogen zu bedecken.

Aber noch viel umfassendere Einrichtungen scheint die Natur zur Erhaltung des ganzen Planetensystems getroffen zu haben. Durch die gegenseitigen Störungen dieser Körper werden die Lagen ihrer Bahnen, und die Gestalten derselben immerwährenden Änderungen unterworfen, und diese Änderungen müssen endlich, wenn sie ohne Aufhören fortgehen, die schönen Verhältnisse, welche wir jetzt in un-

serem Planetensysteme bemerken, aufheben, und dadurch das System selbst seinem Untergange entgegenführen. Allein die Berechnungen der Mechanik des Himmels lehren uns, dass jene Störungen der grossen Maschine keineswegs immer in demselben Sinne fortschreiten, sondern dass sie vielmehr, wie die periodischen Schwingungen eines Pendels, bald vor- bald rückwärts gehen, ohne sich je in der Folge der Zeiten anzuhäufen. Diese die Erhaltung des Ganzen beschützenden Oscillationen um einen stabilen mittleren Zustand sind, wie die Analysis zeigt, das Resultat der einfachen Einrichtung, nach welcher in unserm Systeme alle Planeten sich in derselben Richtung um die Sonne bewegen, verbunden mit der anfänglichen geringen Grösse der Excentricitäten ihrer Bahnen, und den kleinen Neigungen ihrer Ebenen gegen einander. Diese Einrichtung ist die Ursache, dass alle säculären Perturbationen dieses Systems doch nur periodisch wiederkehrende, und in enge Grenzen eingeschlossene Wirkungen sind; dass die gegenwärtigen Planeten nie Kometen mit sehr excentrischen Bahnen gewesen sind, und nie in solche übergehen können; dass die Ecliptik nie mit dem Äquator zusammenfallen wird, da die Variationen ihrer Neigung selbst in dem Lauf von vielen Jahrtausenden noch nicht drey Grade betragen, und dass endlich, so lange keine äusseren Störungen auf das System verderbend einwirken, die Stabilität und die Dauer desselben durch die gegenseitige Anziehung der Planeten nicht aufgehoben werden kann.

Ist nämlich m die Masse eines Planeten in Theilen der Sonnenmasse ausgedrückt, und a die halbe grosse Axe seiner Bahn, so wie ae die Excentricität derselben, und bezeichnet man für einen andern Planeten dieselben Grössen durch m′, a′, a′e′ u. s. w., so führt die Auflösung des Problems der drey Körper auf die Gleichung

$$e^2 m \sqrt{a} + e'^2 m' \sqrt{a'} + e''^2 m'' \sqrt{a''} + \ldots = \text{Const.},$$

in welchem Ausdrucke die Grössen $\sqrt{a}$, $\sqrt{a'}$, $\sqrt{a''}$ ... alle positiv genommen werden müssen, wenn, wie es in unserem Sonnensysteme der Fall ist, alle Planeten sich nach derselben Richtung um die Sonne bewegen. Die Grössen m, m′ ... aber sind, ihrer Natur nach, so wie die Quadrate

e^2, e'^2 ... immer positiv, und da beyde, den Beobachtungen gemäss, nur klein sind, so müssen sie auch, der gegebenen Gleichung zu Folge, immer klein bleiben, oder da die Grössen m, m' ... so wie a, a' ..., wie wir bald sehen werden, unveränderlich sind, so können sich die Planetenbahnen nie beträchtlich von der Kreisgestalt entfernen.

Die Bewegung der Apsiden ist diesen Beschränkungen nicht unterworfen, da sie, wenn gleich mit veränderlichen Geschwindigkeiten, immer in derselben Richtung weiter gehen, und endlich die ganze Peripherie ihres Kreises durchlaufen. Allein bey diesem Elemente ist ein immerwährender Fortgang nach derselben Seite ohne allen Einfluss auf den Zustand oder die Dauer des Systems, da es in Beziehung auf die Bewegung der Planeten um die Sonne im Allgemeinen gleichgültig ist, nach welchem Fixstern die Apsidenlinie gerichtet ist.

Ganz anders aber verhält es sich mit dem bisher noch nicht betrachteten Elemente, mit der grossen Axe der Planetenbahnen, oder mit den Halbmessern der von ihnen beschriebenen Kreise. Die geringste Änderung dieser Halbmesser müsste, da sie, ihrer Natur nach, nicht periodisch, sondern nur progressiv seyn kann, auf die Erhaltung des Ganzen die nachtheiligsten Folgen äussern. Eine Abnahme desselben würde den Planeten in immer kleinern Spiralen um die Sonne treiben, und ihn endlich auf sie stürzen, und eine Zunahme desselben würde ihn immer mehr von der Sonne entfernen, und endlich in die Attractionssphäre fremder Fixsternsysteme führen, und beyde Fälle würden die Zerstörung der auf ihm lebenden Geschöpfe, und vielleicht die des Planeten selbst zur Folge haben. Beyden ist aber auch durch die eben so einfache als bewunderungswürdige Einrichtung vorgebeugt, dass die siderischen Umlaufszeiten der Planeten unter sich incommensurabel sind. Wenn auch nur zwey dieser Umlaufszeiten sich wie zwey kleinere ganze Zahlen verhielten, so würden diese Umlaufszeiten selbst, und also, dem dritten Gesetze Keplers zu Folge, auch die grossen Axen ihrer Bahnen veränderlich, und die Erhaltung des Systems nicht mehr gesichert seyn. Der Umstand, dass die Umlaufszeit Jupiters sich zu der Saturns auch nur nahe

wie 2 zu 5 verhält, hat bey diesen zwey grössten Planeten unsers Systems viele und bedeutende Störungen von sehr grossen Perioden zur Folge, deren Berechnung die Astronomen lange aufgehalten, und endlich auf die wichtige Kenntniss der Beständigkeit der Umlaufszeiten oder der grossen Axen geführt hat.

Die gemeinschaftliche Bewegung aller Planeten von West gegen Ost, verbunden mit der anfänglichen Kleinheit der Excentricitäten und der Neigungen ihrer Bahnen, und die Irrationalität ihrer Umlaufszeiten, diess sind also die Bedingungen der Stabilität unsers Sonnensystems, diess die zarten Fäden, an welche die Natur die Dauer unserer Welt geknüpft hat. Es kann für den aufmerksamen Beobachter keinen Zweifel unterliegen, dass diese Einrichtung nicht zufällig, sondern dass sie, dem wichtigen Zwecke der Erhaltung des Ganzen gemäss, absichtlich getroffen worden ist.

Allein eine auch noch so lange Dauer ist noch keine ewige Dauer, und die letzte, scheint es, ist durch nichts verbürgt, da, was die inneren Störungen des Systems nicht zu bewirken im Stande sind, in der Folge der Zeiten doch durch äussere Einwirkungen auf dasselbe herauf geführt werden kann. Welchen Anspruch hätten auch wir und alle Dinge, die uns umgeben, auf eine keinem Unfalle unterworfene, auf eine immerwährende Dauer? Die Erhaltung der Wesen kann eben so gut, wie ihre endliche Zerstörung, wenn sie ihre Zeit gedauert und ihren Zweck erfüllt haben, in den Absichten der Natur liegen, die zu ergründen uns unmöglich ist. Wir sehen, dass dieselbe Natur auf gleiche Weise auch für die Erhaltung der Geschlechter der die Erde bewohnenden Geschöpfe, ja selbst für die Erhaltung der Individuen derselben mütterliche Sorge trägt, während sie doch alle, wenn ihre Bestimmung erreicht ist, abtreten von dem Schauplatze, und die von ihnen eingenommenen Stellen ihren Nachfolgern überlassen. Wir sehen sogar dieselben immer wiederkehrenden Wechsel und dieselben Bilder des Todes, die uns hier unten umgeben, auch in jenen hohen Regionen wieder erscheinen. Wo sind die oben (Seite 127) erwähnten von Tycho, Kepler und Cassini beobachteten Fixsterne hingekommen, die plötzlich in einem hell-

auflodernden Lichte erschienen, selbst Jupiter und Venus an Glanz übertrafen, und bald darauf mit immer matterem Lichte, einer verlöschenden Kohle gleich, gänzlich von dem Himmel verschwanden? Welch ein Schauspiel, eine brennende Welt, die mit allen ihren, von unzähligen Geschöpfen bewohnten Planeten und Kometen in Asche zerfällt!

Also wo immer wir in der Natur Wachsthum und Zunahme bemerken, da sehen wir auch Abnahme und Tod; wo immer im Wechsel der Dinge Fortgang ist, da ist auch Untergang, scheinbarer Untergang wenigstens, Abwechslung von Gestalten und Formen, und aus dem Moder der Verwesung Hervorgang eines neuen Lebens. So eilt alles, was Körper, das heisst, was sterblich ist, wenn es seine Zeit gedauert und seine Bestimmung erfüllt hat, der Auflösung entgegen, und kann durch keine Kraft zurückgehalten werden. Und wie auf den Gipfeln unserer Berge, und in den Abgründen der Erde die Versteinerungen und Überreste der Thiere und Pflanzen einer längst verschwundenen Vorwelt zerstreut liegen, so werden auch einst die morschen Trümmer des grossen himmlischen Baues über uns, in dem Weltraume zerstreut werden. Diese Sonne wird erlöschen, und die zahllosen Sterne des Himmels werden vergehen, und von ihnen allen wird dort oben, wie von Babylon und Karthago, hier unten keine Spur mehr seyn. Wenn sie verblüht haben, werden sie abfallen, wie welke Blätter, mit denen die Winde spielen, und dieselbe Welle, die sie getragen hat, wird sie hinabziehen in die Tiefe des Weltmeeres, in den Abgrund der ewigen Nacht. Nur Einer, den kein Nahme nennt, Er allein ist über diesem Ocean der Welten, der zu den Füssen seines Thrones wogt: Er wird auch über ihren Trümmern seyn, wenn sie einst in Staub zerfallen. Neue Schöpfungen werden aus der Verwesung keimen, und wieder vergehen, um ihre Stellen in immer wechselnden Reihen ihren Nachfolgern zu überlassen. Nur Er, der keinen Wechsel kennt, vor dem nichts gross, und dem der Tod einer Welt gleich dem der Milbe ist, Er allein wird unwandelbar und ewig bleiben.

VIERTE ABTHEILUNG.

Instrumente.

Loth und Libelle.

1. §. Die einfachste Gestalt eines Bleylothes ist die eines gleichschenkligen Dreyeckes, in dessen Scheitel ein mit einem Gewichte beschwerter Faden befestigt wird, der, bey einer senkrechten Stellung der Ebene des Dreyecks, nahe bey der Basis desselben, ohne sie zu berühren, vorbeygeht. Diese Basis ist in ihrer Mitte mit einem eingetheilten Kreisbogen versehen. Ist die Ebene, oder genauer die Linie, auf welcher das Instrument steht, horizontal, so zeige der Faden auf dem Kreisbogen den Grad A. Ist aber jene Linie z. B. auf der Westseite um den Winkel x über dem Horizont erhoben, so wird der Faden den Grad $A - x$ zeigen. Ist überdiess der westliche Arm des Dreyecks länger, als der andere, so wird der Faden den Grad

$$A - x - y = a$$

zeigen. Stellt man dann das Instrument in verkehrter Lage, so dass der früher westliche Arm desselben jetzt der östliche werde, auf dieselbe Linie, so wird der Faden den Grad

$$A + x - y = a'$$

zeigen. Aus diesen beyden Gleichungen folgt

$$x = \tfrac{1}{2}(a' - a)$$

$$y = A - \tfrac{1}{2}(a' + a) \text{ oder } A - y = \tfrac{1}{2}(a' + a)$$

oder die Neigung der Ebene, worauf das Instrument steht, gegen den Horizont, ist die halbe Differenz, und der wahre Nullpunct, welchen der Faden zeigen soll, wenn die Ebene horizontal ist, ist die halbe Summe der beyden Lesungen. Die halbe Differenz gibt also die gesuchte Neigung der Ebene, selbst ohne den Fehler des Instruments zu kennen; die halbe Summe aber gibt diesen Fehler oder die Correction des Instruments.

2. §. Eben so wird man bey den Libellen oder Wasserwagen verfahren, die bekanntlich aus einer cylindrischen, an ihrer obern Seite kreisförmig gebogenen Glasröhre, mit Weingeist nicht ganz gefüllt, bestehen, so dass die noch übrig bleibende Luftblase immer den höchsten Punct der kreisförmigen Höhlung einnimmt. Diese Libellen werden gewöhnlich mit eigenen Armen oder Haken an die zu untersuchenden Axen der Instrumente gehängt. Stehen dann die beyden Enden der Blase in der einen Stellung der Libelle bey den Puncten a und b ihrer Scale, und in der entgegengesetzten Stellung der Libelle (wo der westliche Arm zum östlichen gemacht wird) bey den Puncten a' und b', (wo a' dasselbe Ende ist, welches in der ersten Stellung durch a bezeichnet wurde), so ist die Neigung der Axe gegen den Horizont gleich

$$\frac{k}{2}(a - a') \text{ oder } \frac{k}{2}(b' - b)$$

oder genauer $\frac{k}{4}[(a - a') + (b' - b)]$,

wo k der Werth eines Intervalls der Scale der Libelle ist. Diese Neigung der Axe wird man, wenn sie nur klein ist, bey den Beobachtungen in Rechnung bringen. Will man sie aber an der Axe selbst verbessern, so wird man bey der zweyten oder verkehrten Lage der Libelle die Axe durch ihre Schraube dahin bringen, dass die Libelle $\frac{a + a'}{2}$ oder $\frac{b + b'}{2}$ oder genauer $\frac{a + b + a' + b'}{4}$ zeigt. Will man dann nach dieser Correction der Axe auch die Libelle selbst rectificiren, so wird man, durch die Correctionsschraube der Libelle, dieselbe so lange verändern, bis die Blase genau in der Mitte derselben steht.

Dieses Verfahren, schon durch die uncorrigirte Libelle die Neigung der Axe entweder zu bestimmen, oder auch wegzubringen, scheint mir dem gewöhnlichen vorzuziehen zu seyn, in welchen man, nach jeder Umkehrung der Libelle, die Hälfte der Abweichung der Blase, oder die Differenz der beyden Grössen a und a' durch die Schraube der Axe, und die andere Hälfte durch die Schraube der Libelle weg-

zubringen sucht, ein Verfahren, was bey den neueren, empfindlichen, und sich erst spät ins Gleichgewicht setzenden Libellen unbequem und zeitraubend, und überdiess wegen der durch die Bewegung der Libellenschraube erfolgten und sich nur langsam wieder herstellenden Spannung der metallenen Fassung auch ungewiss ist.

Diese Fassung hat nebst der bisher erwähnten Schraube, durch welche die Glasröhre an dem einen ihrer beyden Endpuncte erhöht oder erniedrigt werden kann, auch noch zwey Seitenschrauben, die mit jener ersten unter rechten Winkeln stehen, und dazu bestimmt sind, die Glasröhre mit der zu prüfenden Axe des Instruments parallel zu machen. Man erkennt diesen Parallelismus, wenn man die durch ihre Haken an der Axe hängende Libelle aus ihrer verticalen Stellung bringt, und die Blase durch diese Bewegung ihrer Stelle nicht ändert. Bringt man die Libelle aus ihrer freyhängenden Lage, so, dass man sie dem vor ihr stehenden Beobachter n ä h e r t, und geht dabey die Blase l i n k s, so ist die linke Seite der Libelle z u w e i t von dem Beobachter, geht aber die Blase r e c h t s, so ist die linke Seite der Libelle z u n a h e an dem Beobachter.

Da sich durch die Verschiedenheit der Temperatur die Blase ändert, die im Sommer klein und träg, im Winter aber wohl dreymahl länger und sehr empfindlich wird, so kann man eine andere an ihren beyden Enden verschlossene Glasröhre von kleinerm Durchmesser in die Röhre der Libelle geben, wodurch die Menge des Weingeistes und daher auch die Veränderlichkeit der Blase sehr vermindert wird. Die eingelegte Glasröhre wird mit Wasser gefüllt, damit sie auf dem Weingeiste nicht schwimme und die Bildung der Blase hindere, und ihre Länge muss von der der Libelle nur wenig verschieden seyn, damit nicht, bey dem Umwenden der Libelle in eine schiefe Lage, das Herabfallen der eingelegten Röhre an den Deckel der Libelle, der letztern schaden könne. Wird durch die allmählige Verdünstung des Weingeistes die Blase endlich zu lang, so muss man den Deckel derselben öffnen, und etwas Weingeist nachgiessen. Dabey wird das von der vorigen Verschliessung noch Anklebende weggeschafft, und bey dem Schlusse der

Libelle der Deckel mit Gummi elasticum, welches man an einem Lichte anbrennt, bestrichen und aufgedrückt, dann ein Stück einer weichen, feinen Blase fest darüber gezogen, und diese mit einem starken Faden in der eingeschliffenen Rinne stark umwunden. Wenn die Blase wieder trocken geworden ist, kann man sie mit einem Firniss überziehen. Übrigens wird man diese wiederholten Füllungen vermeiden, wenn die Libelle gleich anfangs hermetisch geschlossen und verkittet wird, allein dann ist auch ihre Öffnung, wenn sie zufällig nöthig werden sollte, nicht gut möglich.

Den Werth eines Theilstriches der Libelle kann man finden, wenn man sie an die Speichen eines eingetheilten Kreises befestiget, und dann durch die Bewegung des Kreises die Blase von einem Puncte der Libelle bis zu einem andern gehen lässt. Die beyden äussersten Enden der Libelle werden dabey am besten vermieden. Geht die Blase durch α Theilstriche, während der Kreis durch β Secunden rotirt, so ist der Werth eines Theilstriches gleich $\frac{\beta}{\alpha}$ Secunden. Man wird bey diesen Verfahren häufig finden, dass nicht alle Theilstriche, obschon sie gleiche Länge haben, auch genau gleichen Werthen entsprechen; dass die von der Mitte entferntern gewöhnlich die unsichersten sind, und dass endlich auch der Werth der Theilstriche durch die Temperatur etwas geändert wird.

Vernier.

4. §. Der Vernier oder Nonius ist eine in gleiche Theile getheilte gerade oder krumme Linie, welche sich an einer anderen, in andere, aber wieder in gleiche Theile getheilte ähnliche Linie auf und ab bewegen lässt. Der Zweck desselben ist, die Zwischenräume, welche zwischen den Theilstrichen der letzten Linien enthalten sind, wieder in kleine Theile zu theilen.

Wenn zwey gleichgrosse Bogen von Kreisen, oder wenn zwey gleich grosse gerade Linien, deren Länge gleich a seyn soll, in gleiche Theile so eingetheilt werden, dass die Zahl

dieser gleichen Theile bey der einen Linie n, und bey der andern n + 1 ist, so wird ein Theil der ersten gleich $\frac{a}{n}$, und ein Theil der anderen gleich $\frac{a}{n+1}$, und daher die Differenz jeder zwey Theile gleich $\frac{a}{n(n+1)}$, also viel kleiner, als jeder dieser Theile selbst seyn. Ist z. B. ein Kreisbogen von 10 zu 10 Minuten eingetheilt, so enthält jeder Bogen desselben von $9^{\circ}\,50'$ eine Anzahl von 59 Theilstrichen. Hat daher ein anderer eben so grosser Bogen, oder der Vernier, 60 Theilstriche, so ist $a = 590'$ und $n = 59$, also beträgt die Differenz von jedem Theile des Bogen und einem Theile des Verniers

$$\frac{a}{n(n+1)} = \frac{1}{6} \text{ Minute oder 10 Secunden.}$$

Wenn man daher auf jenem Kreise früher unmittelbar nur 10 Minuten lesen konnte, so kann man jetzt, durch Hülfe des Verniers, 10 Secunden lesen. Coincidiren nämlich, von beyden Bogen die 1, 2, 3 . . . N^{te} Theilstriche, so wird man in derselben Ordnung haben $10''$, $20''$, $30''$ . . . N''. Diess wird hinreichen, jeden andern getheilten Vernier gehörig zu gebrauchen, und die Subdivisionen desselben sicher und schnell zu lesen.

Fadenmicrometer.

5. §. Zur Bestimmung der Zeit oder der Rectascension hat man in dem Brennpuncte der Fernröhre, welche sich genau in der Ebene des Meridians auf und ab bewegen, eine gewöhnlich ungerade Anzahl von senkrechten Fäden eingespannt. Sind die Distanzen dieser Fäden alle gleich gross, so ist die Summe der beobachteten Durchgangszeiten des Sterns durch alle Fäden, dividirt durch die Anzahl n der Beobachtungen, gleich einer n fachen Beobachtung an den mittleren Faden. Sind aber diese Zwischenräume, wie gewönlich, etwas verschieden, und sind z. B. für drey Fäden $t\,t'\,t''$ die drey beobachteten Durchgangszeiten, und a

und a' das Intervall des ersten und dritten von den mittleren, so hat man, wenn p die Poldistanz des Sterns bezeichnet, für die drey auf den mittleren Faden reducirten Beobachtungszeiten

$$t + \frac{a}{\mathrm{Sin}\, p}$$

$$t'$$

$$t'' - \frac{a'}{\mathrm{Sin}\, p}$$

und daher das Mittel aus allen drey Beobachtungen

$$\frac{t + t' + t''}{3} + \frac{a - a'}{3\, \mathrm{Sin}\, p}$$

Ist eben so für fünf Fäden die Distanz des 1, 2, 4 und 5 von den mittleren gleich a, a', a'' und a''', so ist das Mittel aus allen fünf Beobachtungen

$$\frac{t + t' + t'' + t''' + t''''}{5} + \frac{a + a' - a'' - a'''}{5\, \mathrm{Sin}\, p} \text{ u. s. w.}$$

Die Grössen a, a', a''.... aber findet man, wenn man die Durchgangszeit eines dem Pole nahen Sterns, dessen mit der Aberration und Nutation aber nicht mit der Refraction afficirte Poldistanz P ist, beobachtet. Ist T die Sternzeit, welche der Stern braucht, das Intervall zweyer nächster Fäden zurückzulegen, so erhält man die Distanz a dieser Fäden im Äquator in Bogensecunden ausgedrückt, durch die Gleichung

$$a = 15\, T\, \mathrm{Sin}\, P$$

oder genauer (I. S. 50) durch

$$\mathrm{Sin}\, \frac{a}{2} = \mathrm{Sin}\, \frac{15\, T}{2} \,.\, \mathrm{Sin}\, P.$$

Eine andere Art, die Intervalle der Fäden zu bestimmen, werden wir weiter unten kennen lernen.

Um die Ebene dieser und aller folgenden Netze in den Brennpunct des Objectivs des Fernrohres zu bringen, kann man zuerst das Ocular so stellen, dass man gut bestimmte und sehr entfernte Gegenstände deutlich sieht, wozu sich besonders nahe Doppelsterne eignen. Sieht man in dieser Lage des Fernrohres die Fäden nicht ganz rein, so nähert oder entfernt man sie so lange von dem Ocular, bis sie ganz

rein und schwarz erscheinen. Auch kann man den Faden auf einen wohl bestimmten, entfernten Gegenstand stellen, und das Auge vor dem Oculare so weit als möglich seitwärts bewegen. Geht bey dieser Bewegung des Auges, Aug und Bild des Objects auf dieselbe Seite, so ist der Faden zu nahe an dem Auge; geht aber Aug und Bild auf verschiedene Seiten, so ist der Faden zu weit von dem Auge entfernt.

6. §. Mit diesen senkrechten Fäden werden oft noch zwey horizontale verbunden, von welchen der eine fest ist, während der andere ihm parallele durch eine Schraube demselben genähert, oder von ihm entfernt werden kann. Kennt man den Werth einer Umdrehung der Schraube, so kann man mittelst dieser beyden Fäden die Declinationsunterschiede der durch das unverrückte Fernrohr gehenden Sterne messen. Diesen Werth einer Umdrehung aber erhält man durch zwey Sterne, deren Differenz der Declinationen genau bekannt ist, oder durch den Durchmesser der Sonne, oder endlich durch terrestrische Objecte, deren Durchmesser und Entfernung von dem Instrumente genau bekannt ist. Um den Parallelismus der verticalen Fäden zu untersuchen, lässt man Sterne von nahe gleicher Declination so weit als möglich über und unter dem Mittelpuncte des Feldes durchgehen, um zu sehen, ob die Intervalle der Fäden für beyde Sterne gleich gross sind. Die Verticalität derselben prüft man, wenn man, nachdem die Drehungsaxe des Fernrohres genau horizontal gestellt wurde, den Faden an irgend einem scharf begrenzten Object auf und ab laufen lässt. Den Parallelismus der horizontalen Fäden mit dem Äquator oder mit den Parallelkreisen der Sterne endlich findet man, wenn man einen dem Äquator nahen Stern in der Mitte des Feldes auf den Faden bringt; entfernt sich dann der Stern nahe bey seinem Austritte von dem Faden, so dreht man denselben, bis er den Stern wieder trifft, ein Verfahren, welches man so lange fortsetzen wird, bis der Stern den ganzen Faden ohne Abweichung durchläuft.

Fadennetze.

7. §. Ausser den bisher betrachteten parallelen Fäden hat man noch verschiedene Netze von mehreren, gegen einander geneigten Fäden, deren Ebene ebenfalls durch den Brennpunct des Objectivs, senkrecht auf die optische Axe des Fernrohrs gestellt wird.

Seyen AC und BC (Fig. 13) zwey unter dem Winkel $ACB = m$ gespannte Fäden. Die Sternzeiten, welche zwey bekannte Sterne brauchen, die Sehnen AB und A'B' zu durchlaufen, durch 15 Sin Poldist. multiplicirt, seyen t und t', und eben so sey die Zeit des Kometen durch A″B″ gleich t″. Man ziehe die auf diese Wege senkrechten Linien $Ab'' = d''$, $Ab = d'$ und $A'b' = d$, so ist d″ die bekannte Differenz der Poldistanzen der beyden Sterne. Denkt man sich durch C eine den Winkel $ACB = m$ halbirende Gerade CP, und nennt man den Winkel dieser Geraden mit den Parallelkreisen der Sterne oder den Winkel $BPC = x$, so hat man folgende Gleichungen

$$\frac{AC}{t} = \frac{A'C}{t'} = \frac{A''C}{t''} = \frac{\operatorname{Sin}\left(x + \frac{m}{2}\right)}{\operatorname{Sin} m},$$

$$\operatorname{Sin}\left(x - \frac{m}{2}\right) = \frac{d''}{A'C - AC} = \frac{d'}{A''C - AC} = \frac{d}{A''C - A'C} \text{ und}$$

$$\operatorname{tg}\left(x - \frac{m}{2}\right) = \frac{d'}{A''b} = \frac{d}{A''b'}.$$

Substituirt man die Werthe von AC und A'C aus der ersten dieser Gleichungen in der folgenden

$$\operatorname{Sin}\left(x - \frac{m}{2}\right) = \frac{d''}{A'C - AC},$$

so erhält man

$$\operatorname{Sin}\left(x + \frac{m}{2}\right) \operatorname{Sin}\left(x - \frac{m}{2}\right) = \frac{d'' \operatorname{Sin} m}{t' - t} \quad \text{oder}$$

$$\operatorname{Cos} 2x + = \operatorname{Cos} m - \frac{2 d'' \operatorname{Sin} m}{t' - t} \quad . \quad . \quad (\mathrm{I}).$$

Kennt man so durch die beyden bekannten Sterne den Werth von x oder die Lage des Netzes gegen die Parallelkreise

der Sterne, so findet man leicht die Differenzen der Rectascension und der Poldistanz des Kometen und eines der beyden Sterne. Es ist nämlich

$$d = (A''C - A'C) \operatorname{Sin}\left(x - \frac{m}{2}\right), \text{ oder}$$

$$d = (t'' - t') \frac{\operatorname{Sin}\left(x + \frac{m}{2}\right) \operatorname{Sin}\left(x - \frac{m}{2}\right)}{\operatorname{Sin} m},$$

oder endlich

$$\left.\begin{aligned} d &= \frac{(t'' - t').\, d''}{t' - t}, \text{ und eben so} \\ d' &= \frac{(t'' - t).\, d''}{t' - t} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \text{ (II)},$$

wodurch die Differenzen der Poldistanzen des Kometen und der beyden Sterne gegeben sind. Ferner ist

$$A''b' = d \operatorname{Cotg}\left(x - \frac{m}{2}\right),$$

oder wenn man den vorhergehenden Werth von d substituirt

$$\left.\begin{aligned} A''b' &= \tfrac{1}{2}(t'' - t') \frac{(\operatorname{Sin} 2x + \operatorname{Sin} m)}{\operatorname{Sin} m} \text{ und eben so} \\ A''b &= \tfrac{1}{2}(t'' - t) \frac{(\operatorname{Sin} 2x + \operatorname{Sin} m)}{\operatorname{Sin} m} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \text{ (III)}.$$

Verbessert man dann den beobachteten Eintritt des Kometen in A'' durch die Grösse $A''b$ oder durch $A''b'$, so gibt der Unterschied dieses verbesserten Eintritts des Kometen und des beobachteten Eintritts des ersten Sterns in A oder des zweyten in A', die Differenz der Rectascension des Kometen und des ersten oder des zweyten Sterns.

8. §. Hat man drey sich in einem Puncte D (Fig. 14) schneidende Fäden, und nennt man die Winkel $ADB = m$, $ADC = n$, und den Winkel des mittleren Fadens mit dem Parallelkreise $DBC = x$, so wie die Sehnen $AB = t$, $BC = \theta$ und $A'B' = t'$, $B'C' = \theta'$, so hat man folgende Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} \frac{AD}{t} &= \frac{A'D}{t'} = \frac{\operatorname{Sin} x}{\operatorname{Sin} m}, \\ \frac{BD}{\theta} &= \frac{B'D}{\theta'} = \frac{\operatorname{Sin}(x + n)}{\operatorname{Sin} n} \end{aligned}\right\}.$$

Heisst die auf den Weg des zweyten Sterns senkrechte Linie, oder die Distanz der beyden Parallelkreise

$$A'\alpha = B'\beta = C'\gamma = d,$$

und ist

$$A\alpha = a, \; B\beta = b, \; C\gamma = c,$$

so ist

$$\left.\begin{aligned} AD - A'D &= \frac{d}{\text{Sin}\,(x - m)} \\ BD - B'D &= \frac{d}{\text{Sin}\,x} \end{aligned}\right\},$$

und endlich

$$\left.\begin{aligned} a &= d\,\text{Cotg}\,(x - m), \\ b &= d\,\text{Cotg}\,x, \\ c &= d\,\text{Cotg}\,(x + n). \end{aligned}\right\}$$

Substituirt man die Werthe von AD, A'D... aus den beyden ersten dieser Gleichungen in der dritten und vierten, so erhält man

$$d = (t - t')\,\frac{\text{Sin}\,x\;\text{Sin}\,(x - m)}{\text{Sin}\,m}, \text{ und}$$

$$d = (\theta - \theta')\,\frac{\text{Sin}\,(x + n)\;\text{Sin}\,x}{\text{Sin}\,n},$$

und wenn man diese zwey Werthe von d einander gleich setzt,

$$\text{Cotg}\,(x - m) = \frac{\frac{t}{\theta'} \cdot \frac{\text{Sin}\,n}{\text{Sin}\,m} - \text{Cos}\,(m + n)}{\text{Sin}\,(m + n)} \;\ldots(\text{I}).$$

Kennt man so den Werth von x, oder die Lage des Netzes gegen den Äquator, so ist die Differenz der Declinationen der zwey beobachteten Gestirne

$$d = (t - t')\,\frac{\text{Sin}\,x\;\text{Sin}\,(x - m)}{\text{Sin}\,m} \ldots(\text{II}),$$

und die Differenz der Rectascensionen wird durch eine der drey folgenden Gleichungen gefunden

$$\left.\begin{aligned} a &= (t - t')\,\frac{\text{Sin}\,x\;\text{Cos}(x - m)}{\text{Sin}\,m} \\ b &= \frac{\theta}{t}\,(t - t')\,\frac{\text{Sin}\,(x + n)\;\text{Cos}\,x}{\text{Sin}\,n} \\ c &= \frac{\theta}{t}\,(t - t')\,\frac{\text{Cos}\,(x + n)\;\text{Sin}\,x}{\text{Sin}\,n} \end{aligned}\right\}\ldots(\text{III}).$$

9. §. Einfacher werden diese Ausdrücke, wenn man in ihnen $m = n$, oder die beyden Winkel der Fäden einander gleich setzt. Den Winkel x wird man immer nahe gleich 90 Graden nehmen, oder das Netz so stellen, dass der mittlere Faden nahe senkrecht auf den Weg des Sterns ist.

Wenn man um einen Kreis ein Quadrat beschreibt, und von dem oberen Berührungspuncte nach den zwey untern Ecken, so wie von dem unteren Berührungspuncte nach den zwey oberen Ecken des Quadrats gerade Linien zieht, so schliessen diese vier geraden Linien einen Raum ein, den man das Bradley'sche Netz heisst. Diese Fäden bilden mit dem senkrechten Durchmesser des Kreises einen Winkel, dessen Tangente gleich $\frac{1}{2}$ ist, so dass man hat $\operatorname{tg} m = \operatorname{tg} n = \frac{1}{2}$, und daher $\operatorname{Sin} m = \operatorname{Sin} n = \frac{1}{\sqrt{5}}$ und $\operatorname{Cos} m = \operatorname{Cos} n = \frac{2}{\sqrt{5}}$. Substituirt man diese Werthe in den vorhergehenden Gleichungen, so erhält man für das Bradley'sche Netz

$$\operatorname{tang} x = -\tfrac{1}{2}\,\frac{(\theta + t)}{\theta - t},$$

$$d = \frac{4\,\theta\,(t - t')\,(t + \theta)}{5\,(t^2 + \theta^2) - 6\,t\,\theta},$$

$$a = \frac{d\,(5\,t - 3\,\theta)}{4\,\theta},$$

$$b = \frac{2\,d\,(t - \theta)}{t + \theta},$$

$$c = \frac{d\,(3\,t - 5\,\theta)}{4\,t},$$

wo man noch bemerken kann, dass immer $t\,\theta' = t'\,\theta$, also auch $t\,(\theta - \theta') = \theta\,(t - t')$ ist.

Ist das Netz ein vollkommenes Quadrat, also $m = n = 45^\circ$, so hat man

$$\operatorname{tg}(x - 45) = \frac{\theta}{t},$$

$$d = \frac{\theta\,(t - t')\,(t + \theta)}{t^2 + \theta^2},$$

$$a = \frac{d\,t}{\theta} \text{ u. s. w.}$$

Ist überhaupt bloss $m = n$ und $x = 90°$, so hat man für jedes dieser Netze

$$d = (t - t') \operatorname{Cotg} m$$
$$a = (t - t'),$$
$$b = 0 \text{ und}$$
$$c = -(t - t')$$

M. s. Delambre, Astronomie Vol. I. p. 97 und Mon. Corr. Vol. I. p. 120.

Kreismicrometer.

10. §. Wenn die dem Auge nächste Blendung (Diaphragma) des Fernrohres genau kreisförmig ausgedreht, und auf die optische Axe desselben senkrecht gestellt wird, so wird auch das Feld des Fernrohres, welches durch dieses Diaphragma bestimmt ist, eine kreisförmige Fläche am Himmel einnehmen. In diesem Kreise werden die Sehnen, welche die durch ihn gehenden Sterne beschreiben, alle senkrecht auf den Stundenkreis seyn, der durch den Mittelpunct des Kreises geht, und man wird daher, aus den beobachteten Ein- und Austreten zweyer Sterne, die Differenz ihrer Rectascensionen sowohl, als die ihrer Poldistanzen bestimmen können, wenn der Halbmesser des Kreises bekannt ist.

Bequemer zur Beobachtung ist ein feiner metallener Ring, der in der Ebene jener Blendung liegt, also durch den Brennpunct des Objectivs geht, und durch zwey Stiftchen an der Blendung befestiget wird. Man hat dabey den Vortheil, die Sterne schon vor ihrem Eintritte in den Ring zu sehen, und sie an der äussern sowohl, als auch an der inneren Fläche des Ringes zu beobachten, wenn beyde kreisförmig abgedreht sind. Da es aber für den Künstler schwer ist, den feinen Ring ohne Veränderung seiner Form von der Drehbank zu nehmen, so wird es, nach Frauenhofers Verfahren, besser seyn, ihn zuerst durch einen concentrischen Ring, den man aus einer parallelen Glastafel geschnitten hat, an das Diaphragma zu befestigen, und nach dieser Befestigung seine beyden Seiten genau kreisförmig abzudrehen.

Bestimmung des Halbmessers.

11. §. Zuerst wollen wir sehen, wie man aus dem beobachteten Durchgange zweyer bekannten Sterne den Halbmesser r des Kreismicrometers bestimmen kann.

Sey t die halbe Zeit zwischen dem Ein- und Austritte des ersten Sterns in Secunden der Sternzeit ausgedrückt, p dessen Poldistanz, d der Abstand der von ihm beschriebenen Sehne von dem Mittelpuncte des Kreises, und endlich $a = 15\,t\,\mathrm{Sin}\,p$. Für einen zweyten Stern seyen dieselben Grössen t', p', d' und $a' = 15\,t'\,\mathrm{Sin}\,p'$. Was man, wenn man nicht an einer Sternuhr beobachtet, statt jenem Factor 15 setzen soll, ist aus I. S. 51 bekannt.

Nennt man nun $90° - m$ und $90° - m'$ die Winkel, welche, bey dem Ein- oder Austritte des Sterns, der Halbmesser des Feldes mit der Sehne desselben bildet, so hat man

$$a = r\,\mathrm{Sin}\,m,\quad a' = r\,\mathrm{Sin}\,m',\ \text{und}$$
$$p - p' = r\,(\mathrm{Cos}\,m + \mathrm{Cos}\,m'),\ \text{also auch}$$
$$a + a' = r\,(\mathrm{Sin}\,m + \mathrm{Sin}\,m')\ \text{und}\ a - a' = r\,(\mathrm{Sin}\,m - \mathrm{Sin}\,m').$$

Die drey letzten Gleichungen geben durch Division

$$\frac{a + a'}{p - p'} = \mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}\,(m + m'),$$
$$\frac{a - a'}{p - p'} = \mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}\,(m - m').$$

Hat man durch die beyden letzten Ausdrücke die Werthe von m und m' gefunden, so erhält man den gesuchten Werth von r durch die Gleichungen

$$r = \frac{a}{\mathrm{Sin}\,m} = \frac{a'}{\mathrm{Sin}\,m'} = \frac{\tfrac{1}{2}(a + a')}{\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}(m + m')\,\mathrm{Cos}\,\tfrac{1}{2}(m - m')}$$
$$= \frac{\tfrac{1}{2}(a - a')}{\mathrm{Cos}\,\tfrac{1}{2}(m + m')\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}(m - m')},$$

oder endlich durch

$$r = \frac{\tfrac{1}{2}(p - p')}{\mathrm{Cos}\,\tfrac{1}{2}(m + m')\,\mathrm{Cos}\,\tfrac{1}{2}(m - m')}.$$

I. Setzt man der Kürze wegen $P = p - p'$, so geben die vorhergehenden Ausdrücke

$$(2\,r\,P)^2 = [P^2 + (a + a')^2]\,[P^2 + (a - a')^2]\ \text{oder}$$
$$4\,r^2\,P^2 = P^4 + 2\,P^2\,(a^2 + a'^2) + (a^2 - a'^2)^2.$$

Differentiirt man diese Gleichung in Beziehung auf r, P und a, a′, so erhält man

$$dr = [P^2 + a^2 + a'^2 - 2r^2]\frac{dP}{2Pr} + [P^2 + a^2 - a'^2]\frac{a\,da}{2P^2r}$$

$$+ [P^2 - a^2 + a'^2]\frac{a'\,da'}{2P^2r}$$

Dieser Ausdruck von dr zeigt, dass r am vortheilhaftesten bestimmt wird, wenn p — p′ sehr nahe gleich 2r ist, oder wenn beyde Sterne, zu verschiedenen Seiten des Mittelpunctes, sehr kleine Chorden beschreiben, weil dann Fehler der Beobachtungen den kleinsten nachtheiligen Einfluss auf den Werth von r haben, indem die Factoren von da und da′ sehr nahe verschwinden.

Um diesen günstigsten Fall besonders zu betrachten, gibt die vorige Gleichung

$$\frac{4r^2}{P^2} = 1 + \frac{2(a^2 + a'^2)}{P^2} + \frac{(a^2 - a'^2)^2}{P^4},$$

wenn man aus ihr die Quadratwurzel zieht, und die sechsten Potenzen von a und a′ vernachlässiget,

$$\frac{2r}{P} = 1 + \tfrac{1}{2}\left[\frac{2(a^2 + a'^2)}{P^2} + \frac{(a^2 - a'^2)^2}{P^4}\right]$$

$$- \tfrac{1}{8}\left[\frac{2(a^2 + a'^2)}{P^2} + \frac{(a^2 - a'^2)^2}{P^4}\right]^2$$

oder

$$\frac{2r}{P} = 1 + \frac{(a^2 + a'^2)}{P^2} - \frac{2a^2a'^2}{P^4},$$

oder endlich, wenn man die Werthe von $a = 15\,t\,\mathrm{Sin}\,p$ und $a' = 15\,t'\,\mathrm{Sin}\,p'$ wieder herstellt,

$$2r = P + \left[15\,\mathrm{Sin}\,\frac{p+p'}{2}\right]^2 \cdot \frac{t^2 + t'^2}{P}$$

$$- 2\left[15\,\mathrm{Sin}\,\frac{p+p'}{2}\right]^4 \cdot \frac{t^2t'^2}{P^3},$$

wo die Coefficienten von $\frac{t^2 + t'^2}{P}$ und $\frac{t^2t'^2}{P^3}$ für alle Beobachtungen desselben Sternenpaars constant sind, und wo man, wenn t und t′ sehr klein sind, selbst das letzte Glied meistens wird entbehren können.

12. §. Auch der Durchgang der Sonne, wenn der Halbmesser R derselben bekannt ist, lässt sich zur Bestimmung von r anwenden. Sind nämlich θ und θ' die wahren Sonnenzeiten zwischen den äusseren und inneren Berührungen der Sonne und des Ringes, so hat man

$$d^2 + \tfrac{1}{4}\theta^2 (15 \,\mathrm{Sin}\, p)^2 = (r + R)^2 \text{ und}$$
$$d^2 + \tfrac{1}{4}\theta'^2 (15 \,\mathrm{Sin}\, p)^2 = (r - R)^2,$$

also auch, wenn man aus diesen beyden Gleichungen die Grösse d eliminirt,

$$r = \left(\frac{15}{4} \,\mathrm{Sin}\, p\right)^2 \frac{(\theta^2 - \theta'^2)}{R},$$

wo p die Poldistanz des Mittelpunctes der Sonne bezeichnet. Man sieht, dass diese Bestimmung von r desto sicherer seyn wird, je grösser R gegen r ist. Da übrigens die zwey inneren Berührungen der Sonne und des Ringes schwerer zu beobachten sind, so ist es gut, zu bemerken, dass man eine der vier geforderten Beobachtungen immer entbehren kann, weil sie sich aus den drey anderen ableiten lässt. Sind nämlich die vier Beobachtungszeiten nach der Ordnung τ, τ', τ'', und τ''', so hat man zwischen ihnen die Gleichung

$$\tau - \tau' = \tau'' - \tau'''.$$

I. Hat man durch eine dieser Methoden den Werth von r bestimmt, so muss bey allen künftigen Beobachtungen der Kreismicrometer immer d i e s e l b e Entfernung von dem Objective erhalten, weil mit dieser Entfernung sich auch der Werth von r ändert.

Exempl. 1822 den 20. October wurden in Wien folgende Beobachtungen an einem Kreismicrometer gemacht:

	α Aquilae	ξ Aquilae
Eintritt	$6^h\ 32'\ 34.''0$	$6^h\ 35'\ 53.''5$
Austritt	33 1.3	36 45.3

Nach Piazzi's neuem Sterncatalog ist für 1800.0 die mittlere Poldistanz von

	α Aquilae	ξ Aquilae
	$81°\ 38'\ 54.''8$	$82°\ 2'\ 41.''0$
Praecession	— 3 23.8	— 3 20.4
Aberration	— 9.9	— 9.5
Nutation	+ 4.0	+ 3.7
scheinb.	p' = 81 35 25.1	p = 81 59 14.8

Da die Uhr nach mittlerer Zeit ging, so ist

$$\log 15.041 \, \text{Sin}\, p' = 1.17258 \text{ und}$$

$$\log 15.041 \, \text{Sin}\, p = 1.17302.$$

Die Beobachtungen geben

$$t' = 13.''65 \text{ und } t = 25.''90, \text{ also auch}$$

$$a' = 203.1 \text{ und } a = 385.8, \text{ und daher}$$

$$r = 779.''4 \text{ Raumsecunden.}$$

Bestimmung der Rectascensionen und Poldistanzen durch den Kreismicrometer.

13. §. Ist t die halbe Durchgangszeit des bekannten Sterns, und p dessen Poldistanz, und r der bekannte Halbmesser des Micrometers, so ist sein Abstand von dem Mittelpuncte des Kreises

$$d = \sqrt{r^2 - (15\, t \,\text{Sin}\, p)^2}.$$

Für den zweyten unbekannten Stern hat man eben so

$$d' = \sqrt{r^2 - (15\, t' \,\text{Sin}\, p')^2},$$

wo man in einer ersten Näherung $p' = p$ setzen kann. Kennt man so die Werthe von d und d', so ist die gesuchte Differenz der Poldistanzen beyder Sterne

$$p' - p = d' - d,$$

wobey bemerkt werden muss, ob die Sterne auf derselben oder auf verschiedenen Seiten von dem Mittelpuncte des Feldes durchgegangen sind, in welchem letzten Falle der Werth von d oder d' negativ gesetzt wird. Die Grösse d findet man bequemer durch die Ausdrücke $\text{Sin}\, x = \frac{15\, t}{r} \text{Sin}\, p$ und $d = r \,\text{Cos}\, x$, und eben so für d'. Eine Tafel, welche für jeden Werth von t Sin p den Werth von d gibt, macht alle Rechnung entbehrlich.

Addirt man endlich bey jedem der zwey Gestirne den Eintritt zu dem Austritte, so ist die halbe Differenz dieser beyden Summen zugleich die gesuchte Differenz der beyden Rectascensionen. Da man aber die Rectascension und Poldistanz des einen Sternes aus dem Cataloge, und die Differenzen beyder Sterne aus den Beobachtungen kennt, so kennt man auch die Rectascension und Poldistanz des an-

deren Sterns. Es ist für sich klar, dass sich die Rectascensionen am sichersten durch solche Sterne bestimmen lassen werden, die nahe durch den Mittelpunct des Feldes, so wie die Poldistanzen durch jene, die sehr weit von diesem Mittelpuncte durchgehen, ein Nachtheil dieses Instrumentes, den man meistens dadurch vermeiden kann, dass man dasselbe Sternenpaar in wiederholten Beobachtungen an verschiedenen Stellen des Kreises durchgehen lässt, und dem wir weiter unten durch eine besondere Einrichtung des Kreismicrometers abhelfen werden.

14. §. Das Vorhergehende setzt voraus, dass die beobachteten Gestirne in Rectascension und Poldistanz unveränderlich sind. Ist aber Δa und Δp die Zunahme der Rectascension und Poldistanz des unbekannten Gestirns während einer Zeitsecunde, so wird die Sehne desselben nicht mehr mit jener des andern Sterns parallel seyn, sondern beyde Sehnen werden sich unter einem Winkel n schneiden, den man aus der Gleichung

$$\operatorname{tang} n = \frac{\Delta p}{(15 - \Delta a) \operatorname{Sin} p}$$

erhält. Ist wieder t die halbe Zwischenzeit des unbekannten Gestirns, und setzt man der Kürze wegen $d' = \sqrt{r^2 - (15 t \operatorname{Sin} p)^2}$ so wie τ und τ' die Zeiten des Ein- und Austritts dieses Gestirns, so erhält man, wie man leicht sieht, wenn man die zweyten und höheren Potenzen der kleinen Grössen Δa und Δp vernachlässiget, für die verbesserte Distanz der Sehne des unbekannten Gestirns von dem Mittelpuncte des Kreises

$$d + 15 (\tau' - \tau)^2 \frac{\operatorname{Sin}^2 p \, \Delta a}{4 d},$$

und für die Zeit, in welcher das Gestirn durch den Declinationskreis des Mittelpuncts ging,

$$\tfrac{1}{2} (\tau' + \tau) - \frac{d \, \Delta p}{(15 \operatorname{Sin} p)^2},$$

und diese beyden Werthe sind es, die man mit der Distanz und mit der Durchgangszeit des andern Sterns durch denselben Declinationskreis vergleichen muss, um die wahren Differenzen der Rectascensionen und der Poldistanzen beyder Gestirne zu erhalten.

I. Sind endlich die beobachteten Gestirne zu nahe an dem Pole des Äquators, so wird man ihre Wege in dem Kreismicrometer nicht mehr als gerade Linien betrachten können. Da aber auch dann die halbe Summe der beobachteten Ein- und Austrittszeiten den Augenblick des Durchgangs durch den Declinationskreis des Mittelpuncts geben, so bedarf die nach §. 13 gefundene Differenz der Rectascensionen wegen dieser Krümmung der Sehnen keiner Correction, wenn man diese Krümmung nur als sehr klein ansieht. Die Differenz der Poldistanzen beyder Gestirne $p' - p$ aber ist nicht mehr gleich $d' - d$, wie in §. 13, sondern gleich

$$d' - d - \frac{(a'^2 - a^2)}{2 \operatorname{Sin} 1''} \operatorname{Cotg} p,$$

wo a und a' die oben gegebene Bedeutung haben.

15. §. Um der zu Ende des §. 13 erwähnten Unvollkommenheit des Kreismicrometers zu begegnen, nach welcher man für die näher bey dem Mittelpuncte durchgehenden Sterne die Distanz d der Sehne von dem Mittelpuncte nicht mit der nöthigen Schärfe bestimmen kann, wird man, nach Olbers Vorschlag, einen schmalen Metallstreifen so durch den Kreis legen, dass die eine Seite desselben durch den Mittelpunct des Kreises geht, oder einen Durchmesser desselben bildet. Ist BO (Fig. 15) diese Seite, O der Mittelpunct, AC und A'C' die Sehnen der Sterne, auf welche OM'M senkrecht ist, so sey

$2t$	die Zeit	durch	A'C,
$2t'$	-	-	A'C', und überdiess
θ	-	-	AB und
θ'	-	-	A'B'.

Hat man aus der kleineren Sehne $2t$ den Abstand $OM = d$ auf die gewöhnliche Weise (§. 13) durch die Gleichungen $\operatorname{Sin} x = \frac{15t}{r} \operatorname{Sin} p$, $d = r \operatorname{Cos} x$ berechnet, so erhält man für den zweyten, dem Mittelpuncte näheren Stern

$$\frac{OM'}{OM} = \frac{B'M'}{BM} \text{ oder } \frac{d'}{d} = \frac{\theta' - t'}{\theta - t} \cdot \frac{\operatorname{Sin} p'}{\operatorname{Sin} p},$$

wofür man meistens setzen kann

$$\frac{d'}{d} = \frac{\theta' - t'}{\theta - t},$$

und durch die letzte Gleichung wird man den Werth des kleineren Abstandes d' immer mit Sicherheit finden, was bey dem blossen Kreise nicht möglich ist. Dieselbe Gleichung wird endlich auch dienen, den Streifen so zu stellen, dass eine Seite desselben genau durch den Mittelpunct des Kreismicrometers gehe, wenn man zwey bekannte Sterne, deren Differenz der Poldistanzen beträchtlich ist, beobachtet, und ihre nach §. 13 berechneten Distanzen mit denen vergleicht, welche durch die letzte Gleichung erhalten werden.

Man kann noch bemerken, dass der Kreismicrometer auch zur Beobachtung der Sonnenflecken sehr geschickt ist. Ist $2t$ die wahre Sonnenzeit zwischen den zwey äussersten Berührungen der Sonne und des Kreises, und 2τ die Zeit zwischen dem Ein- und Austritte des Fleckens, und nennt man r den Halbmesser des Kreises, R der Sonne, p die Poldistanz der Sonne, und d die kürzeste Distanz der Mittelpuncte der Sonne und des Kreises, so hat man

$$d = \sqrt{(r+R)^2 - (15\,t\,\text{Sin}\,p)^2} \text{ und}$$

$$D = \sqrt{r^2 - (15\,\tau\,\text{Sin}\,p)^2},$$

und $D-d$ ist die Differenz der Poldistanzen des Mittelpuncts der Sonne und des Fleckens. Die Differenz der Rectascension aber ist der halbe Unterschied der Summe der Ein- und Austrittszeiten des Sonnenrandes, und der Summe der Ein- und Austrittszeiten des Fleckens.

Correction wegen der Refraction bey Beobachtungen mit Micrometern.

16. §. Wenn das beobachtete Sternenpaar zu nahe an dem Horizonte steht, so bedürfen die nach §. 6 bis 15 erhaltenen Rectascensionen und Poldistanzen einer Verbesserung wegen der Refraction, die wir nun, nach Bessel (Astr. Nachr. Vol. III.) näher betrachten wollen.

Sey α und δ die wahre Rectascension und Declination eines Sterns, und $\alpha+p$ und $\delta+q$ diese scheinbaren, durch Refraction veränderten Grössen. Für einen anderen Stern seyen dieselben Grössen α', δ', $\alpha'+p'$ und $\delta'+q'$, für den-

selben Stern endlich, aber für eine andere Zeit, sollen diese Grössen durch $\alpha + p_{,}$, $\delta + q_{,}$, ... bezeichnet werden.

Ferner sey t die Sternzeit der Beobachtungen in Graden ausgedrückt, und $\tau = t - \alpha$ der Stundenwinkel des Sterns zur Zeit der Beobachtung, T und D aber sollen der Stundenwinkel und die Declination seyn, welchen derjenige Punct des Instrumentes entspricht, von welchen man die Stundenwinkel und Declinationsunterschiede rechnet, so wie endlich Δ der gemessene Unterschied der Declinationen des Sterns und des Anfangspunctes der Theilungen an dem Instrumente.

Ist ρ die Refraction für die wahre Zenithdistanz z, ist ferner φ die Polhöhe, und π der Winkel des Declinationskreises mit dem Verticalkreise, so kann man hier mit immer hinreichender Genauigkeit annehmen

$$\rho = k \tang z,$$

wo k eine nahe constante Grösse ist, die wir unten näher bestimmen werden. Setzt man nun $\tang \psi = \operatorname{Cotg} \varphi \operatorname{Cos} \tau$, so ist

$$\operatorname{Cos} z = \frac{\operatorname{Sin} \varphi \operatorname{Sin} (\psi + \delta)}{\operatorname{Cos} \psi}.$$

Hat man aus dieser Gleichung den Werth von z gefunden, so erhält man den Werth von π aus

$$\operatorname{Sin} \pi \operatorname{Sin} z = \operatorname{Cos} \varphi \operatorname{Sin} \tau, \text{ oder aus}$$
$$\operatorname{Cos} \pi \operatorname{Sin} z = \operatorname{Sin} \varphi \operatorname{Sec} \psi \operatorname{Cos} (\psi + \delta).$$

Es ist aber die durch die Refraction hervorgebrachte Änderung der Rectascension (I. S. 26)

$$p = \rho \frac{\operatorname{Sin} \pi}{\operatorname{Cos} \delta},$$

und die der Declination

$$q = \rho \operatorname{Cos} \pi.$$

Man hat daher auch

$$p = \frac{k \tang \tau \operatorname{Sin} \psi}{\operatorname{Cos} \delta \operatorname{Sin} (\psi + \delta)}, \text{ und } q = k \operatorname{Cotg} (\psi + \delta).$$

Differentiirt man diese zwey Ausdrücke, so ist

$$dq = -\frac{k\, d\psi}{\operatorname{Sin}^2 (\psi + \delta)} \text{ und } \frac{d\psi}{\operatorname{Cos}^2 \psi} = - d\tau \operatorname{Sin} \tau \operatorname{Cotg} \varphi,$$

also ist auch

$$\frac{dq}{dt} = \frac{k \operatorname{Cos}^2 \psi}{\operatorname{Sin}^2 (\psi + \delta)} \cdot \operatorname{Cotg} \varphi \operatorname{Sin} \tau,$$

und eben so findet man auch

$$\frac{dp}{dt} = \frac{k \operatorname{Cos}^2 \psi}{\operatorname{Sin}^2 (\psi + \delta)} \cdot \operatorname{Cotg} \varphi (\operatorname{Cotg} \varphi + \operatorname{tang} \delta \operatorname{Cos} \tau).$$

17. §. Dieses vorausgesetzt, wollen wir nun die drey vorzüglichsten Classen der Micrometer besonders betrachten.

Untersuchen wir zuerst das Micrometer des §. 6, in welchem die Declinationsunterschiede durch zwey parallele Fäden angegeben werden, von denen der eine durch eine Schraube bewegt wird, und in welchem der dritte, auf jene beyden senkrechten Faden, durch eine parallactische Aufstellung des Fernrohres, immer in der Ebene des Declinationskreises erhalten wird.

In einem solchen Micrometer hat man für den ersten Stern die Gleichungen

$$t - (\alpha + p) = T \text{ und } \delta + (q - D) = \Delta,$$

und eben so für den zweyten Stern

$$t' - (\alpha' + p') = T \text{ und } \delta' + (q' - D) = \Delta'.$$

Aus diesen Gleichungen folgt sofort

$$\left.\begin{aligned} \alpha' - \alpha &= (t' - t) - (p' - p) \\ \delta' - \delta &= (\Delta' - \Delta) - (q' - q) \end{aligned}\right\} \ldots (I)$$

und diess sind die hieher gehörenden Ausdrücke. Hat man das Fernrohr zwischen den beyden Beobachtungen bewegt, sind also die beyden Sterne weit von einander entfernt, was nur bey einem sehr vollkommen gebauten Äquatorial der Fall seyn kann, so wird man in den Gleichungen (I) nach §. 16 setzen:

$$p = \frac{k \operatorname{tg} \tau \operatorname{Sin} \psi}{\operatorname{Cos} \delta \operatorname{Sin} (\psi + \delta)} \text{ und } q = k \operatorname{Cotg} (\psi + \delta)$$

$$p' = \frac{k \operatorname{tg} \tau' \operatorname{Sin} \psi'}{\operatorname{Cos} \delta' \operatorname{Sin} (\psi' + \delta')} \qquad q' = k \operatorname{Cotg} (\psi' + \delta').$$

Bleibt aber das Fernrohr während der beyden Beobachtungen unverrückt stehen, so ist es bequemer, die Substitution dieser Grössen p, q und p′, q′ sogleich in die Gleichungen (I) vorzunehmen. Man erhält so, da jetzt für beyde Beobach-

tungen $\tau = \tau'$ und $\psi = \psi'$ ist, durch diese Substitution folgende Ausdrücke:

$$\alpha' - \alpha = t' - t + \frac{k(\delta' - \delta) \tang \tau \operatorname{Sin} \psi \operatorname{Cos}(\psi + \delta + \delta')}{\operatorname{Sin}(\psi + \delta) \operatorname{Sin}(\psi + \delta') \operatorname{Cos} \delta \operatorname{Cos} \delta'}, \text{ und}$$

$$\delta' - \delta = \Delta' - \Delta + \frac{k(\delta' - \delta)}{\operatorname{Sin}(\psi + \delta) \operatorname{Sin}(\psi + \delta')}.$$

Sind, wie es gewöhnlich der Fall ist, die beyden Declinationen δ und δ' nur wenig von einander verschieden, so hat man, wenn man $d = \frac{1}{2}(\delta + \delta')$ setzt, folgende einfachere Ausdrücke:

$$\alpha' - \alpha = t' - t + k(\delta' - \delta) \frac{\operatorname{tg} \tau \operatorname{Sin} \psi \operatorname{Cos}(\psi + 2\,d)}{\operatorname{Sin}^2(\psi + d) \operatorname{Cos}^2 d}, \text{ und}$$

$$\delta' - \delta = \Delta' - \Delta + \frac{k(\delta' - \delta)}{\operatorname{Sin}^2(\psi + d)},$$

wo man, so wie in den folgenden, für südliche Declinationen die Grösse δ und δ' negativ setzen wird.

18. §. Betrachten wir nun diejenigen Fadennetze, in welchen der Stundenfaden (D B' B, Fig. 14) durch eine parallactische Aufstellung des Fernrohrs immer in dem Declinationskreise erhalten wird, in welchem aber die Declinationen durch die Zeit angegeben werden, welche die Sterne anwenden, um von einem im Winkel n geneigten Faden zu dem Stundenfaden zu kommen.

Ist t die Zeit des Durchgangs durch den mittleren Faden D C (Fig. 16) und $t_,$ durch den geneigten Faden D B, so sind die zwey Stundenwinkel

$$MDC = T \text{ und } MDB = t_, - (\alpha + p_,),$$

also auch ihre Differenz

$$BDA = T - t_, + (\alpha + p_,).$$

Ist aber B A auf D C senkrecht, so hat man

$$\tang AB = \operatorname{Sin} AC . \tang ACB \text{ und}$$
$$\operatorname{Sin} AB = \operatorname{Sin} DB . \operatorname{Sin} BDA.$$

Es ist aber $DB = 90 - (\delta + q_,)$ und $CD = 90 - D$, also auch $AC = \delta + q_, - D$, und da A B nur klein ist, so hat man, wenn man aus den beyden vorhergehenden Gleichungen die Grösse A B eliminirt.

$$BDA = \frac{(\delta + q_, - D) \tang n}{\operatorname{Cos}(\delta + q_,)} \text{ oder}$$

$$t_, - (\alpha + p_,) = T - (\delta + q_, - D) \frac{\operatorname{tg} n}{\operatorname{Cos}(\delta + q_,)},$$

und eben so hat man für den mittlern Faden D C die Gleichung

$$t-(\alpha+p)=T.$$

Ähnliche Ausdrücke erhält man auch für den zweyten Stern, nämlich

$$t'-(\alpha'+p_,')=T-(\delta'+q_,'-D)\frac{\text{tang}\, n}{\text{Cos}\,(\delta'+q_,')}, \text{ und}$$

$$t'-(\alpha'+p')=T.$$

Daraus folgt, wie in dem Micrometer des §. 17,

$$\alpha'-\alpha=(t'-t)-(p'-p),$$

und für den Unterschied der Declinationen

$$\delta'-\delta=[(t'-t_,')-(p'-p_,')]\frac{\text{Cos}\,(\delta'+q_,')}{\text{tang}\, n}$$

$$-[(t-t_,)-(p-p_,)]\frac{\text{Cos}\,(\delta+q_,)}{\text{tang}\, n}-(q_,'-q).$$

Ist aber $AC=\Delta$ oder $\Delta=AB\,\text{Cotg}\, n$, das heisst,

$$\Delta=(t-t_,)\,\text{Cos}\,\delta\,\text{Cotg}\, n,$$

und eben so $\Delta'=(t'-t_,')\,\text{Cos}\,\delta'\,\text{Cotg}\, n$, wo also Δ und Δ' die ohne Rücksicht auf Refraction berechneten Declinationsunterschiede bezeichnen, so hat man

$$\delta'-\delta=\left[1-\frac{p'-p}{t'-t_,'}\right]\frac{\Delta'\text{Cos}\,(\delta'+q_,')}{\text{Cos}\,\delta'}$$

$$-\left[1-\frac{p-p_,}{t-t_,}\right]\frac{\Delta\,\text{Cos}\,(\delta+q_,)}{\text{Cos}\,\delta}-(q_,'-q_,).$$

Es ist aber $1-\frac{p-p_,}{t-t_,}=1-\frac{dp}{dt}$, und nahe

$$\frac{\text{Cos}\,(\delta+q_,)}{\text{Cos}\,\delta}=1-q\,\text{tang}\,\delta, \text{ und endlich}$$

$$q-q'=\frac{dq}{dt}\,(t-t_,).$$

Man hat daher, wenn man an den beyden Seitenfäden beobachtet, wodurch die von n abhängigen Glieder verschwinden, folgende Ausdrücke für diese zweyte Gattung der Micrometer:

$$\alpha'-\alpha=t'-t+k\,(\delta'-\delta)\frac{\text{tang}\,\tau\,\text{Sin}\,\psi\,\text{Cos}\,(\psi+2d)}{\text{Sin}^2(\psi+d)\,\text{Cos}^2 d} \quad \text{und}$$

$$\delta'-\delta=\Delta'-\Delta+\frac{k(\delta'-\delta)}{\text{Sin}^2(\psi+\delta)}\left[1-\frac{\text{Cos}^2\psi}{\text{tg}^2\varphi}-\text{Sin}\, d\,\text{Sin}\,(2\psi+d)\right],$$

wo wieder $d = \frac{\delta + \delta'}{2}$ und $\tang \psi = \text{Cotg}\, \varphi \, \text{Cos}\, \tau$ und endlich τ der Stundenwinkel des beobachteten Gestirns ist.

19. §. Um die analogen Ausdrücke für die dritte Gattung der Micrometer, oder für die Kreismicrometer zu entwickeln, so hat man zuerst, wenn man die Zeiten des Ein- und Austritts durch $t_{,}$ und $t_{,,}$ und den Halbmesser des Kreises durch r bezeichnet, folgende zwey Gleichungen

$$r^2 = [T - (t_{,} - \alpha - p_{,})]^2 \text{Cos}\, D \, \text{Cos}\, (\delta + q_{,}) + (\delta + q_{,} - D)^2$$
$$r^2 = [(t_{,,} - \alpha - p_{,,}) - T] \, \text{Cos}\, D \, \text{Cos}\, (\delta + q_{,,}) + (\delta + q_{,,} - D)^2.$$

Setzt man der Kürze wegen

$$t = \frac{t_{,} + t_{,,}}{2}, \; p = \frac{p_{,} + p_{,,}}{2}, \; q = \frac{q_{,} + q_{,,}}{2}, \text{ und}$$

$x = t - \alpha - p - T$, so wie $\Delta = \delta + q - D$, so hat man

$$T - t_{,} + \alpha + p_{,} = t - t_{,} + p_{,} - p - x = \frac{t_{,,} - t_{,} + p_{,} - p_{,,}}{2} - x,$$

$$t_{,,} - \alpha - p_{,,} - T = t - t_{,} + p - p_{,,} + x = \frac{t_{,,} - t_{,} + p_{,} - p}{2} + x,$$

$$\delta + q_{,} - D = \Delta + q - q_{,,} = \Delta - \tfrac{1}{2}(q_{,,} - q_{,}), \text{ und}$$
$$\delta + q_{,,} - D = \Delta - q + q_{,,} = \Delta + \tfrac{1}{2}(q_{,,} - q).$$

Die zwey ersten Gleichungen gehen daher, wenn man $\text{Cos}\, (\delta + q_{,}) = \text{Cos}\, (\delta + q_{,,}) \; \text{Cos}\, (\delta + q)$ setzt, in folgende über:

$$r^2 = \tfrac{1}{4} [(t_{,,} - t_{,}) - (p_{,,} - p_{,}) - 2x]^2 \, \text{Cos}\, D \, \text{Cos}\, (\delta + q)$$
$$+ [\Delta - \tfrac{1}{2}(q_{,,} - q_{,})]^2, \text{ und}$$
$$r^2 = \tfrac{1}{4} [(t_{,,} - t_{,}) - (p_{,,} - p_{,}) + 2x]^2 \, \text{Cos}\, D \, \text{Cos}\, (\delta + q)$$
$$+ [\Delta + \tfrac{1}{2}(q_{,,} - q_{,})]^2.$$

Setzt man ferner $p_{,,} - p_{,} = \frac{dp}{dt} \, (t_{,,} - t_{,})$ und $q_{,,} - q_{,} = \frac{dq}{dt}(t_{,,} - t_{,})$, so sind diese Gleichungen

$$r^2 = \tfrac{1}{4} \left[(t_{,,} - t_{,}) \left(1 - \frac{dp}{dt}\right) - 2x\right]^2 \text{Cos}\, D \, \text{Cos}\, (\delta + q)$$
$$+ \left[\Delta - \tfrac{1}{2}(t_{,,} - t_{,}) \frac{dq}{dt}\right]^2, \text{ und}$$

$$r^2 = \tfrac{1}{4} \left[(t_{,,} - t_{,}) \left(1 - \frac{dp}{dt}\right) + 2x\right]^2 \text{Cos}\, D \, \text{Cos}\, (\delta + q)$$
$$+ \left[\Delta + \tfrac{1}{2}(t_{,,} - t_{,}) \frac{dq}{dt}\right]^2.$$

Um aus diesen beyden Gleichungen die zwey Grössen x und Δ zu finden, hat man, wenn man diese Gleichungen addirt und subtrahirt, und das Quadrat von $\frac{dq}{dt}$ vernachlässiget,

$$\left.\begin{aligned} o &= x\left(1-\frac{dp}{dt}\right)\text{Cos}\,D\,\text{Cos}\,(D+q)+\Delta\frac{dq}{dt},\text{ und} \\ r^2 &= \left[\tfrac{1}{4}(t_{,,}-t_{,})^2\left(1-\frac{dp}{dt}\right)^2+x^2\right]\text{Cos}\,D\,\text{Cos}(\delta+q)+\Delta^2 \end{aligned}\right\}..(A).$$

Aus diesen beyden Gleichungen findet man zuerst die Grösse Δ auf folgende Art: Lässt man in der letzten die Grösse x^2 weg, so ist

$$\Delta^2 = r^2 - \tfrac{1}{4}(t_{,,}-t_{,})^2\left(1-\frac{dp}{dt}\right)^2\text{Cos}\,D\,\text{Cos}\,(\delta+q),$$

oder da $D = \delta + q - \Delta$ ist,

$$\Delta^2 = r^2 - \tfrac{1}{4}(t_{,,}-t_{,})^2\left(1-\frac{dp}{dt}\right)^2\text{Cos}(\delta+q-\Delta)\,\text{Cos}(\delta+q).$$

Sey der letzte Ausdruck gleich

$$\Delta^2 = r^2 - \tfrac{1}{4}(t_{,,}-t_{,})^2\,\text{Cos}\,(\delta-\Delta)\,\text{Cos}\,\delta\,.\,f,\text{ so ist}$$

$$f^2 = \left(1-\frac{dp}{dt}\right)^2\frac{\text{Cos}\,(\delta+q-\Delta)\,\text{Cos}\,(\delta+q)}{\text{Cos}\,(\delta-\Delta)\,\text{Cos}\,\delta},$$

also auch

$$f = \left(1-\frac{dp}{dt}\right)\sqrt{\frac{\text{Cos}(\delta+q-\Delta)\,\text{Cos}\,(\delta+q)}{\text{Cos}\,(\delta-\Delta)\,\text{Cos}\,\delta}},$$

das heisst,

$$f = \left\{1-\frac{k\,\text{Cos}^2\psi}{\text{Sin}^2(\psi+\delta)}\left[\text{Cotg}^2\varphi+\text{Cotg}\,\varphi\,\text{tang}\,\delta\,\text{Cos}\,\tau\right]\right\} \times\sqrt{\frac{\text{Cos}\,(\delta+q-\Delta)\,\text{Cos}\,(\delta+q)}{\text{Cos}\,(\delta-\Delta)\,\text{Cos}\,\delta}}.$$

Die Grösse unter dem Wurzelzeichen ist

$$\sqrt{\frac{\text{Cos}\,(\delta-\Delta)\,\text{Cos}\,\delta-\text{Sin}\,(2\,\delta-\Delta)\,\text{Sin}\,q}{\text{Cos}\,(\delta-\Delta)\,\text{Cos}\,\delta}}$$

$$=\sqrt{\left(1-\frac{\text{Sin}\,(2\,\delta-\Delta)\,\text{Sin}\,q}{\text{Cos}\,(\delta-\Delta)\,\text{Cos}\,\delta}\right)}$$

$$=\sqrt{\left(1-\frac{k\,\text{Sin}\,(2\,\delta-\Delta)\,\text{Cotg}\,(\psi+\delta)}{\text{Cos}\,(\delta-\Delta)\,\text{Cos}\,\delta}\right)}$$

$$=\sqrt{\left(1-\frac{k\,\text{Sin}\,2\,\delta\,\text{Cotg}\,(\psi+\delta)}{\text{Cos}^2\,\delta}\right)},$$

also auch

$$= \sqrt{(1 - 2k \tang \delta \operatorname{Cotg}(\psi + \delta))},$$

oder endlich

$$= 1 - k \tang \delta \operatorname{Cotg}(\psi + \delta).$$

Der vorhergehende Ausdruck von f geht daher in den folgenden über

$$f = 1 - \frac{k}{\operatorname{Sin}^2(\psi + \delta)}[\operatorname{Cos}^2 \psi \operatorname{Cotg}^2 \varphi + \tang \delta \operatorname{Sin} \psi \operatorname{Cos} \psi] - k \tang \delta \operatorname{Cotg}(\psi + \delta),$$

oder in

$$f = 1 - \frac{k}{\operatorname{Sin}^2(\psi + \delta)}[\operatorname{Cos}^2 \psi \operatorname{Cotg}^2 \varphi + \operatorname{Sin} \delta \operatorname{Sin}(2\psi + \delta)].$$

Kennt man aber so den Werth von f, so erhält man $\varDelta$ durch die Gleichung

$$\varDelta^2 = 1^2 - \tfrac{1}{4}(t_{\prime\prime} - t_{\prime})^2 \operatorname{Cos}(\delta - \varDelta) \operatorname{Cos} \delta . f^2,$$

und dann hat man aus der ersten der Gleichungen (A)

$$x = - \frac{\varDelta \frac{dq}{dt}}{(1 - \frac{dp}{dt} \operatorname{Cos} D \operatorname{Cos}(\delta + q)}, \text{ oder nahe}$$

$$x = - \frac{\varDelta . \frac{dq}{dt}}{\operatorname{Cos}^2 \delta}.$$

Ganz auf dieselbe Weise findet man auch für den zweyten Stern die beyden Grössen $\varDelta'$ und x', und da man hatte

$$x = t - \alpha - p - T, \text{ oder } \alpha = t - p - T - x,$$
$$\varDelta + \delta - q - D, \quad \text{ oder } \delta = \varDelta - q + D,$$

so ist auch für den zweyten Stern

$$\alpha' = t' - p' - T - x', \text{ und}$$
$$\delta' = \varDelta' - q' + D,$$

und daher beyder Gleichungen Differenz

$$\left.\begin{aligned} \alpha' - \alpha &= (t' - t) - (p' - p) - (x' - x) \\ \delta' - \delta &= (\varDelta' - \varDelta) - (q' - q) \end{aligned}\right\} \ldots . (B).$$

Substituirt man in diesen zwey Gleichungen (B) die vorhergehenden Werthe von p, q und x, so hat man, wie bey dem Micrometer des §. 17,

$$p' - p = \frac{k(\delta - \delta') \tang \tau \operatorname{Sin} \psi \operatorname{Cos}(\psi + \delta + \delta')}{\operatorname{Cos} \delta \operatorname{Cos} \delta' \operatorname{Sin}(\psi + \delta) \operatorname{Sin}(\psi + \delta')},$$

oder annähernd

$$p' - p = k(\delta - \delta') \frac{\text{tang}\,\tau \text{ Sin}\,\psi \text{ Cos}\,(\psi + 2\,d)}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)\,\text{Cos}^2\,d}.$$

Auf dieselbe Weise erhält man

$$x' - x = \frac{\Delta\, k \text{ Cos}^2\,\psi \text{ Cotg}\,\varphi \text{ Sin}\,\tau}{\text{Sin}^2\,(\psi + \delta)\,\text{Cos}^2\,\delta}$$

$$- \frac{\Delta'\, k \text{ Cos}^2\,\psi \text{ Cotg}\,\varphi \text{ Sin}\,\tau}{\text{Sin}^2\,(\psi + \delta')\,\text{Cos}^2\,\delta'},$$

oder annähernd

$$x' - x = \frac{k \text{ tang}\,\tau \text{ Sin}\,\psi \text{ Cos}\,\psi\,(\Delta - \Delta')}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)\,\text{Cos}^2\,d}, \text{ oder endlich}$$

$$x' - x = \frac{k\,(\delta - \delta') \text{ tang}\,\tau \text{ Sin}\,\psi \text{ Cos}\,\psi}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)\,\text{Cos}^2\,d},$$

und daher auch

$$(p' - p) + (x' - x) = \frac{k(\delta - \delta') \text{ tang}\,\tau \text{ Sin}\,\psi}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)\,\text{Cos}^2\,d} (\text{Cos}\,(\psi + 2\,d) + \text{Cos}\,\psi),$$

oder

$$(p' - p) + (x' - x) = \frac{2\,k\,(\delta - \delta') \text{ tang}\,\tau \text{ Sin}\,\psi \text{ Cos}\,(\psi + d)}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)\,\text{Cos}\,d}.$$

Noch hat man, wie in §. 17.,

$$q' - q = \frac{k\,(\delta' - \delta)}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)},$$

und diese Werthe von $(p' - p) + (x' - x)$ und von $q' - q$ wird man in den beyden Gleichungen (B) substituiren, um die hieher gehörenden Ausdrücke für den Kreismicrometer zu erhalten.

Nimmt man das Vorhergehende zusammen, so erhält man daher folgendes Verfahren. Man suche zuerst f aus

$$f = 1 - \frac{k}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)} [\text{Cos}^2\,\psi \text{ Cotg}^2\,\varphi + \text{Sin}\,d \text{ Sin}\,(2\,\psi + d)],$$

so findet man $\varDelta$ aus

$$\varDelta^2 = r^2 - \tfrac{1}{4}(t_{,,} - t_{,})^2 \text{ Cos}\,(\delta - \varDelta) \text{ Cos}\,\delta \,.\, f^2,$$

oder nahe genug aus

$$\varDelta^2 = r^2 - \tfrac{1}{4}(t_{,,} - t_{,})^2 \text{ Cos}^2\,d \,.\, f^2,$$

und eben so für den zweyten Stern

$$\varDelta'^2 = r^2 - \tfrac{1}{4}(t'_{,,} - t'_{,})^2 \,.\, \text{Cos}^2\,d \,.\, f^2.$$

Kennt man aber $\varDelta$ und $\varDelta'$, so hat man

$$\alpha' - \alpha = t' - t + \frac{2\,k\,(\delta' - \delta) \text{ tang}\,\tau \text{ Sin}\,\psi \text{ Cos}\,(\psi + d)}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)\,\text{Cos}\,d}, \text{ und}$$

$$\delta' - \delta = \varDelta' - \varDelta + \frac{k\,(\delta' - \delta)}{\text{Sin}^2\,(\psi + d)},$$

und in diesen Ausdrücken ist τ der Stundenwinkel des beobachteten Gestirns,

$$d = \frac{\delta + \delta'}{2}, \text{ und}$$

$$\tang \psi = \text{Cotg}\, \varphi \, \text{Cos}\, \tau.$$

I. Die oben erwähnten Werthe von k wird man leicht aus der Gleichung $\rho = k \tang z$ des §. 16. finden, wenn man sie mit der I. S. 105 gegebenen Tafel der Refraction vergleicht, und bemerkt, dass z die wahre, nicht die scheinbare Zenithdistanz des Gestirns bezeichnet. Man wird finden, dass man von $z = 0$ bis $z = 64°$ diesen Werth von k constant, und nahe gleich $k = 0.00028$ annehmen kann. Für grössere Zenithdistanzen aber erhält man

z	k	z	k
65°	0.000 27	82	0.000 23
70	27	83	22
75	26	84	21
76	26	85	19
77	26	85° 30′	18
78	25	86 0	17
79	25	86 30	15
80	25	87 0	13
81	0.000 24	87 30	0.000 11

Beyspiele der Berechnung einer Beobachtung an dem Kreismicrometer.

Halbmesser des Kreises 0° 20′ 0″,

Polhöhe $\varphi = 54° \, 43'$

Beschriebene Sehnen	Declination	Stundenwinkel der Zeiten der Mitte
$t_{,,} - t_{,} = 0° \; 40' \; 48''$	$\delta = 34 \; 38 \; 0$	$t = 146° \; 37' \; 56''$
$t'_{,,} - t'_{,} = 0 \; 38 \; 38$	$\delta' = 35 \; 2 \; 0$	$t' = 146 \; 37 \; 21.$

Nehmen wir also $d = 34° \, 50'$ und $\tau = 146° \, 37'$, so findet man aus den Gleichungen

$$\operatorname{tg} \psi = \operatorname{Cotg} \varphi \operatorname{Cos} \tau \text{ und } \operatorname{Cos} z = \frac{\operatorname{Sin} \varphi \operatorname{Sin} (\varphi + d)}{\operatorname{Cos} \psi},$$

$$\psi = -30° \, 35' \text{ und } z = 85° \, 58' \, 10'',$$

und damit gibt die vorhergehende Tafel $\log k = 6.2465$, also auch $\log f = 9.99835$ und

$$\begin{aligned}
\Delta &= - \quad 660'' \\
\Delta' &= + \quad 736 \\
\hline
\Delta' - \Delta &= \quad 1396 \\
\frac{k(\Delta' - \Delta)}{\operatorname{Sin}^2 (\psi + d)} &= \quad\;\; 45 \\
\hline
\delta' - \delta &= \quad 1441'' = 0° \, 24' \, 1''.
\end{aligned}$$

Weiter ist

$$\begin{aligned}
t' - t &= - \; 35.''0 \\
2k(\Delta' - \Delta) \frac{\operatorname{tg} \tau \operatorname{Sin} \psi \operatorname{Cos} (\psi + d)}{\operatorname{Sin}^2 (\psi + d) \operatorname{Cos} d} &= + \; 36.0 \\
\hline
\alpha' - \alpha &= + \;\; 1.''0.
\end{aligned}$$

20. §. Sey überhaupt x die Entfernung zweyer Puncte in Theilen des grössten Kreises, die man durch die Zeit messen will, welche ein Stern braucht, in seiner täglichen Bewegung von einem zu dem andern zu gelangen. Sind τ' und τ'' die scheinbaren, von der Refraction afficirten Stundenwinkel eines Sterns, wenn er durch jene beyden Puncte geht, und ist p' die scheinbare Poldistanz des Sterns, die wir hier als unveränderlich während den beyden Beobachtungszeiten voraussetzen. Dieses vorausgesetzt, gibt das Dreyeck zwischen dem Pole des Äquators und jenen beyden Puncten, wenn diese letzten einander sehr nahe liegen,

$$x = (\tau'' - \tau') \operatorname{Sin} p'.$$

Bezeichnen aber t' und t'' die beyden Stundenwinkel, unter welchen der Stern in denselben Momenten gesehen worden wäre, wenn keine Refraction Statt fände, also $t'' - t'$ die Zeit, die er in der That angewendet hat, um den Bogen x zu durchlaufen, so kann man, wenn α die Wirkung der Refraction auf den Stundenwinkel bedeutet, und man der Kürze wegen $t'' - t' = t$ und $\frac{1}{2}(\tau'' + \tau') = \tau$ setzt, annehmen

$$\tau'' - \tau' = t \left(1 + \frac{d\alpha}{d\tau}\right).$$

Es ist aber (II. S. 168)

$$\alpha = - \frac{k \operatorname{Sin} \psi \operatorname{tang} \tau}{\operatorname{Sin} p \operatorname{Cos} (p - \psi)},$$

wenn k und ψ die dort gegebene Bedeutung haben, also $\operatorname{tg}\psi = \operatorname{Cos}\tau \operatorname{Cotg}\varphi$ ist. Daraus folgt

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = -\frac{k \operatorname{Sin} 1'' \operatorname{Sin}\psi}{\operatorname{Sin} p \operatorname{Cos}(p-\psi)} - \frac{k \operatorname{Sin} 1'' \operatorname{Sin}^2\psi \operatorname{tg}^2\tau}{\operatorname{Cos}^2(p-\psi)},$$

also auch

$$\tau'' - \tau' = t\left(1 - \frac{k \operatorname{Sin} 1'' \operatorname{Sin}\psi}{\operatorname{Sin} p \operatorname{Cos}(p-\psi)} - \frac{k \operatorname{Sin} 1'' \operatorname{Sin}^2\psi \operatorname{tg}^2\tau}{\operatorname{Cos}^2(p-\psi)}\right).$$

Ferner ist die Refraction der Poldistanz oder

$$p' - p = k \operatorname{tg}(p-\psi), \text{ und sehr nahe}$$

$$\operatorname{Sin} p' = \operatorname{Sin} p\,(1 + k \operatorname{Sin} 1'' \operatorname{Cotg} p \operatorname{tg}(p-\psi)).$$

Substituirt man diese Werthe von $\tau'' - \tau'$ und $\operatorname{Sin} p'$ in der vorhergehenden ersten Gleichung, so erhält man, wenn man die zweyten und höheren Potenzen der Refraction vernachlässiget,

$$x = t \operatorname{Sin} p \left(1 + k \operatorname{Sin} 1'' \left[\operatorname{Cotg} p \operatorname{tg}(p-\psi) - \frac{\operatorname{Sin}\psi}{\operatorname{Sin} p \operatorname{Cos}(p-\psi)} - \frac{\operatorname{Sin}^2\psi \operatorname{tg}^2\tau}{\operatorname{Cos}^2(p-\psi)}\right]\right),$$

oder nach einer einfachen Reduction

$$x = t \operatorname{Sin} p \left(1 - k \operatorname{Sin} 1'' \left[1 + \frac{\operatorname{Sin}^2\psi \operatorname{tg}^2\tau}{\operatorname{Cos}^2(p-\psi)}\right]\right) \ldots (I).$$

Die Grösse $\frac{\operatorname{Sin}^2\psi \operatorname{tg}^2\tau}{\operatorname{Cos}(p-\psi)}$ wird $\frac{0}{0}$ für $\tau = 90°$. Man sieht aber leicht, dass dann der wahre Werth dieser Grösse gleich $\frac{1}{\operatorname{tg}^2\varphi \operatorname{Cos}^2 p}$ ist.

I. Um den gefundenen allgemeinen Ausdruck (I) auf den Kreismicrometer anzuwenden, sey t die Zeit, die ein Stern gebraucht hat, dieses Micrometer zu durchlaufen, so ist x der wahre Werth der von dem Stern beschriebenen Chorde, oder wenn man der Kürze wegen

$$\frac{\operatorname{Sin}\psi \operatorname{tg}\tau}{\operatorname{Cos}(p-\psi)} = \operatorname{tg}\theta$$

setzt, und m der von dem Gange der Uhr (I. S. 51) und der eigenen Bewegung des Sterns abhängige Factor ist, so hat man für die wahre Chorde den Ausdruck

$$x = 15 m t \operatorname{Sin} p \left(1 - \frac{k \operatorname{Sin} 1''}{\operatorname{Cos}^2\theta}\right).$$

Hat man aus dieser Chorde die Poldistanz berechnet, so addirt man nachher, um diese gänzlich von der Strahlenbrechung zu befreyen, bloss folgenden einfachen Ausdruck hinzu:

$$\frac{k \operatorname{Sin} 1''. (p'' - p)}{\operatorname{Cos}^2 (p - \psi)},$$

wo p'' die Poldistanz des bekannten Sternes ist.

II. Ist ferner t die Zeit, die ein Stern braucht, in einem Äquatorial von einem Seitenfaden bis zu dem mittlern Faden zu kommen, so hat man sehr nahe

$$t = x \left(\frac{1 + k \operatorname{Sin} 1'' \operatorname{Sec}^2 \theta}{\operatorname{Sin} p}\right),$$

wo x den Abstand der beyden Fäden in Theilen des grössten Kreises durch 15 dividirt, bezeichnet.

Ist endlich t dieselbe Zeit in einem Meridianinstrumente, so kann man die dritten und höheren Potenzen des Stundenwinkels gleich Null setzen, wodurch man erhält

$$t = x \left(\frac{1 + k \operatorname{Sin} 1''}{\operatorname{Sin} p}\right),$$

woraus folgt, dass der Einfluss der Refraction auf die Reduction der Seitenfäden bey dem Meridianinstrumente für jeden Stern nahe constant ist. Ist nämlich x der eigentliche wahre Äquatorialabstand des Seitenfadens von dem mittleren, wie er ohne Refraction gefunden werden würde, so ist der durch Refraction afficirte Seitenabstand gleich $\frac{x(1 + k \operatorname{Sin} 1'')}{\operatorname{Sin} p}$, oder der wahre Abstand $\frac{x}{\operatorname{Sin} p}$ der Fäden ist für jeden Stern um den 0.00028sten Theil dieses Abstandes kleiner, als der beobachtete. (M. s. astr. Nachr. Nr. 47.)

Spiegelsextant.

21. §. Dieses Instrument ist eines der nützlichsten zu Lande, und unentbehrlich zur See. Es ist bestimmt, die Winkel zweyer Gegenstände in jeder Richtung desselben gegen den Horizont selbst dann zu messen, wenn der Beobachter keinen festen Stand hat.

Es besteht im Allgemeinen aus einem Kreissector A C B (Fig. 17), um dessen Mittelpunct C sich eine Alhidade C A bewegt, welche einen Spiegel C trägt, der durch den Mittelpunct des Kreises senkrecht auf der Ebene desselben steht. Ein anderer kleinerer Spiegel C′ steht auf der Ebene des Sextanten senkrecht und parallel mit der Linie C A, die den Mittelpunct C mit dem ersten oder dem Anfangspunct A des eingetheilten Randes A B verbindet, daher beyde Spiegel parallel sind, wenn die Alhidade auf dem Nullpunct A steht. Die obere Hälfte des kleinen Spiegels C′ ist durchbrochen, so dass der Strahl von dem einen Gegenstande E durch diesen durchbrochenen Theil des Spiegels unmittelbar in das Auge, oder in das auf dem Sextanten befestigte Fernrohr R kommen kann. Wird nun die Alhidade mit dem daran befestigten grossen Spiegel so lange gedreht, bis der Strahl eines zweyten Objectes D in der Richtung D C auf den grossen Spiegel, von da in der Richtung C C′ auf den kleinen Spiegel, und endlich von da in der Richtung C′R ebenfalls in das Fernrohr fällt, während welcher Drehung der Alhidade das über den kleinen Spiegel unmittelbar (ohne Reflexion) gesehene Object immer in der Mitte des Fernrohrs erhalten wird, so decken sich die beyden Bilder von E und D im Fernrohre, und der Winkel, welchen in diesem Zustande beyde Spiegel mit einander bilden, d. h. der Theil des Gradbogens, um welchen sich von dem Anfangspuncte A an die Alhidade auf A B gedreht hat, ist gleich der Hälfte des Winkels, welchen die beyden Objecte E, D im Auge des Beobachters bilden.

Denn sind beyde Spiegel parallel, so decken sich die zwey Bilder eines und desselben Gegenstandes, wovon das eine unmittelbar in der Richtung R E, und das andere durch Reflexion von den beyden Spiegeln gesehen wird. Es ist nämlich erstens $a = a'$ und $b = b'$, weil der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist, und es ist zweytens $b = a'$, weil die beyden Spiegel parallel sind, also ist auch

$$DCC' = CC'R,$$

das heisst, es ist D C parallel mit E R, oder die beyden Bilder decken sich.

Bewegt man nun die Alhidade, bis das reflectirte Bild eines anderen Gegenstandes G (Fig. 18) das unmittelbar gesehene Object E deckt, so sey y der Winkel beyder Objecte, und x der Winkel beyder Spiegel oder der Bogen, den die Alhidade von dem Puncte A aus beschrieben hat.

Da der kleine Spiegel mit C A parallel ist, so ist

$$b = a + x$$

und überdiess

$$p = a - x.$$

Aber in dem Dreyecke C C′F ist

$$2b = (a + x + p) + y.$$

Substituirt man in diesem Ausdrucke für b und p ihre vorigen Werthe, so hat man

$$x = \tfrac{1}{2} y.$$

Der Bogen AB ist der grösseren Bequemlichkeit wegen so eingetheilt, dass jeder halbe Grad für einen ganzen gilt, daher ist der gelesene Bogen Aa unmittelbar gleich der gesuchten Distanz y beyder Objecte. Nimmt man die Höhe eines Objectes, indem man z. B. das Bild desselben auf der Wasserfläche oder einem andern künstlichen Horizont von dem in dem grossen Spiegel durch Reflexion gesehenen Bilde des Objectes sich decken lässt, so erhält man offenbar die doppelte Höhe des Objectes über dem Horizonte. Übrigens wird, wie man leicht sieht, die Deckung beyder Bilder nicht merklich gestört, wenn man auch den Sextanten etwas um sich selbst bewegt, und eben dieses macht dieses Instrument zur See so wichtig, wo man es, so wie auf dem Lande, während der Beobachtung, mittels einer Handhabe, in freyer Hand zu halten pflegt.

I. Ehe man mit diesem Instrumente beobachten kann, muss es zuerst in allen seinen Theilen gehörig rectificirt werden. Man sieht aus dem Vorhergehenden, dass der kleine Spiegel senkrecht auf der Ebene des Sextanten stehen, und dass er, wenn der Index der Alhidade auf Null steht, mit dem grossen Spiegel parallel seyn soll. Der grosse Spiegel aber wird gewöhnlich schon von dem Künstler unveränderlich senkrecht auf der Ebene des Instrumentes befestigt, und bedarf dann keiner Correction. Der kleine hingegen ist absichtlich beweglich eingerichtet, um eine durch

Zufall entstandene Störung desselben immer leicht verbessern zu können. Man kann nämlich diesem kleinen Spiegel durch zweyerley Schrauben eine doppelte Bewegung geben. Die eine derselben ist auf der Rückseite des Spiegels angebracht, und durch sie kann man den Spiegel um eine auf die Fläche des Sextanten senkrechte Axe drehen; die andere aber dient dazu, den Spiegel senkrecht auf die Ebene des Instruments zu bringen. Diese zwey Correctionen kann man so finden:

Man stelle den Nullpunct der Alhidade auf den Nullpunct des eingetheilten Randes. Decken sich in dieser Lage die beyden Bilder desselben sehr entfernten Gegenstandes, so hat keiner der beyden Fehler Statt. Decken sie sich nicht, so bewege man die Schraube an der Rückseite des kleinen Spiegels so lange, bis sie sich decken. Kann man aber durch diese Schraube eine genaue Deckung der Bilder nicht hervorbringen, sondern gehen die Bilder, statt sich zu decken, neben einander vorbey, so steht der kleine Spiegel nicht senkrecht, und man muss nun noch die andern Schrauben in Bewegung setzen, bis man die Deckung scharf darstellt. Man kann auch noch vortheilhafter so verfahren:

Man drehe die Alhidade, bis die beyden Bilder desselben sehr entfernten Gegenstandes sich decken, oder, wenn dieses nicht möglich ist, wenigstens senkrecht über einander stehen. Dann bringe man mit der zweyten Art von Schrauben die Verticalität des kleinen Spiegels oder die völlige Deckung der beyden Bilder hervor. Steht in diesem Zustande der Nullpunct der Alhidade z. B. auf a (Fig. 18), so dass $Aa = 0° 30'$ ist, so muss von allen beobachteten Winkeln $0° 30'$ subtrahirt werden, um den wahren Winkel zu erhalten. Diese Grösse wird im Gegentheile zu allen beobachteten Winkeln addirt, wenn a auf der entgegengesetzten Seite von A liegt. Diese Grösse heisst gewöhnlich der Collimationsfehler des Instruments, und er soll von jeder Reihe von Beobachtungen auf die angezeigte Art gesucht werden. Am vortheilhaftesten wird man dazu sehr lichtstarke Gegenstände, z. B. die Sonne, wählen, indem man die Ränder beyder Bilder auf beyden Seiten zur Berührung bringt, denn diese Berührung der Ränder lässt sich viel schärfer beobach-

ten, als die völlige Bedeckung der ganzen Bilder. Dann ist die halbe Differenz der beyden Zahlen der Collimationsfehler, und die halbe Summe der Durchmesser der Sonne.

II. Die Axe des Fernrohrs, d. h. die Linie, welche den Mittelpunct des Objectivglases mit der Mitte des Sehfeldes verbindet, muss ferner mit der Ebene des Sextanten parallel seyn. Um sich davon zu überzeugen, bringe man z. B. die nächsten Ränder der Sonne und des Mondes, wenn der Winkel dieser beyden Gestirne von einander sehr gross ist, zur Berührung am Rande des Sehfeldes, stelle die Alhidade durch ihre Druckschraube fest, und führe den Berührungspunct an das entgegengesetzte Ende des Feldes. Schneiden sich hier die Ränder, so steht das Objectivende des Rohrs zu weit vom Sextanten ab und umgekehrt. Auch lässt sich durch eine eigene Schraube der Ring, welcher das Fernrohr trägt, über der Ebene des Sextanten erhöhen und erniedrigen. Sieht man den unmittelbar, ohne Reflexion gesehenen Gegenstand durch den oberen durchbrochenen Theil des kleinen Spiegels nicht deutlich genug, so muss das Fernrohr erhöht werden.

Um zu untersuchen, ob die Spiegel auf beyden Seiten parallel sind, suche man in dem Spiegel das Bild eines sehr entfernten, wohl begränzten Gegenstandes in einer gegen den Spiegel sehr schiefen Lage auf. Sieht man ein doppeltes Bild des Gegenstandes, so sind die beyden Seiten des Spiegels nicht parallel. Je dunkler die Farbe des Spiegels ist, desto besser ist er polirt, desto besser wird man also durch ihn sehen.

Zur Beobachtung der Sonne hat man, um die Augen zu schonen, eigene Blendgläser. Um zu sehen, ob ihre beyden Seiten parallel sind, lasse man die zwey Bilder der Sonne sich scharf berühren, und ändere die Gläser, oder drehe sie in ihren Fassungen. Bleibt die Berührung ungestört, so sind die Blendungen gut. Übrigens, wenn man bey den Beobachtungen dieselben Blendungen braucht, die man bey der Bestimmung des Collimationsfehlers gebraucht hat, so hat ein Fehler in dem Parallelismus keine nachtheiligen Folgen auf die Beobachtungen selbst.

III. Zur Beobachtung der Höhe irdischer und himmlischer Gegenstände braucht man natürliche oder künst-

liche Horizonte. Zu den ersten gehören Wasser in einer Schale, über welches man Öhl giessen kann, damit nicht jeder leise Windhauch es wellenförmig bewegt, oder Tinte, Buchdruckerschwärze, und am besten Quecksilber. Alle diese Gegenstände werden gewöhnlich mit einem Glasdache bedeckt, sie vor dem Winde zu sichern. Statt dem Glase wird man vortheilhafter die unter dem Namen Miroir d'âne oder Frauenglas bekannte Glimmergattung wählen, da diese von der Natur schon in vollkommene parallele Blätter gespalten wird. Auf dem Meere endlich bedient man sich zu diesem Zwecke des Horizonts der See. Künstliche Horizonte bestehen aus Spiegeln, die mit Hülfe von Libellen horizontal gestellt werden.

IV. Während der Beobachtung hält man den Sextanten bey seiner Handhabe in der rechten Hand, so, dass das unmittelbar gesehene Object links, das reflectirte aber rechts vom Beobachter steht. Wollte oder müsste man das unmittelbar gesehene Object rechts lassen, so wird der Sextant umgekehrt, oder seine eingetheilte Fläche gegen die Erde gehalten. In der Ordnung nimmt man immer das schwächer beleuchtete Object zu dem unmittelbar gesehenen, also bey Sonne und Mond den letzten, bey Mond und Sternen die letzten u. f.

Um den Winkel zwischen zwey Gegenständen zu messen, sehe man auf den einen derselben unmittelbar durch das Rohr, bringe die Ebene des Sextanten in die Ebene beyder Objecte, und bewege die Alhidade, bis das Bild des zweyten Objectes das erste beynahe deckt. Dann schliesst man die Alhidade, und bringt durch die feine Micrometerschraube die völlig scharfe Deckung hervor.

Um die Höhe eines Gegenstandes zu messen, sehe man auf das Bild desselben im Horizont unmittelbar durch das Rohr, bringe die Ebene des Sextanten in eine verticale Lage, und bewege die Alhidade, bis das reflectirte Bild desselben Gegenstandes jenes erste beynahe deckt. Die völlig scharfe Deckung erhält man, wie zuvor, durch die Micrometerschraube. Bey der Sonne wird man auch hier die Berührung der Ränder der Deckung der Bilder vorziehen. Steht bey der Berührung der Ränder das bewegliche, oder durch Re-

flexion der Spiegel gesehene Bild über dem andern, so erhält man die doppelte Höhe des obern Randes der Sonne. Zu dem Winkel, welchen die Alhidade anzeigt, schlägt man den Collimationsfehler, halbirt das Resultat, subtrahirt davon den Halbmesser der Sonne und die Refraction, und addirt die Höhenparallaxe, das Endresultat ist die wahre Höhe des Mittelpunctes der Sonne. Bey Sternen fällt die Rücksicht auf Halbmesser und Parallaxe weg.

Das Vorhergehende wird hinreichen, den Sextanten gehörig zu gebrauchen. Umständlichere Belehrungen darüber findet man in Bohnenberger's Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung, und monatl. Correspondenz 1800 December u. a. Berl. Jahrb. 1811, p. 117, u. 1812 p. 245.

Mittagsrohr.

22. §. Das Mittagsrohr oder das Passage-Instrument besteht aus einem Fernrohre, welches sich auf einer horizontalen Axe in der Ebene des Meridians bewegt. Es ist bestimmt, den Stand der Uhr und dadurch die Rectascension der Gestirne zu bestimmen, und gehört daher zu einem der wichtigsten Instrumente der beobachtenden Astronomie, mit welchem man übrigens auch noch andere Resultate erhalten kann, wie z. B. I. S. 212 gezeigt worden ist. (M. s. astron. Nachrichten Vol. VI. von Hansen.)

Seinem gehörigen Gebrauche müssen mehrere Correctionen vorausgehen. Die ersten derselben beziehen sich auf die gehörige Stellung der Fäden im Brennpuncte des Fernrohres, die nach dem Verfahren der §. 5. und 6. berichtiget werden, daher die dort gegebenen Vorschriften hier keiner Wiederholung bedürfen.

Ausser diesen kann aber das Mittagsrohr noch vorzüglich den folgenden drey Fehlern unterliegen, die daher zuerst durch mechanische Correctionen, wenn nicht weggebracht, doch vermindert werden müssen, wenn man mit diesem Instrumente genaue Beobachtungen erhalten will. Diese Fehler beziehen sich 1) auf die Collimation der Fäden, wenn die optische Axe des Fernrohres nicht senkrecht

auf der Drehungsaxe des Instrumentes steht; 2) auf die Horizontalität der Drehungsaxe, und 3) auf das Azimut des Fernrohres, oder auf die Abweichung desselben von der Ebene des Meridians. Wir wollen jeden dieser Fehler besonders betrachten.

1) Collimation. — Man stellt, durch eine kleine Bewegung der horizontalen Drehungsaxe des Instruments, den mittleren vertikalen Faden auf ein genau bestimmtes terrestrisches Object, und kehrt dann das Instrument in seinen beyden Lagern um, so dass die östliche Axe zur westlichen wird. Ist in dieser zweyten Lage des Instruments der Faden nicht mehr auf dem bezeichneten Puncte des Objects, so bringt man ihn (durch die die Fädenfassung bewegende Schraube), um die Hälfte seiner gegenwärtigen Abweichung gegen die erste Lage desselben hin, und wiederholt dieses Verfahren, bis der Faden in beyden Beobachtungen denselben Punct des Objects trifft. Dann wird nämlich das Fernrohr bey seiner Bewegung einen grössten Kreis am Himmel beschreiben, während es früher, ehe seine Collimation weggebracht wurde, nur einen kleineren, jenem grössten parallelen Kreis beschrieben hat.

2) Horizontalität der Drehungsaxe. — Man hängt die Libelle mit ihren beyden Armen an die beyden Enden der Rotationsaxe, und bemerkt den Ort A eines der beyden Endpuncte der Blase. Dann hebt man die Libelle ab, und hängt sie in verkehrter Lage (so dass der früher östliche Arm jetzt westlich werde) wieder ein. Steht in dieser zweyten Lage der Libelle derselbe, früher bemerkte Endpunct der Blase nicht mehr bey dem Orte A, sondern bey einem anderen Orte B, so bringt man durch die Schraube, welche das eine Ende der Rotationsaxe zu erhöhen oder zu erniedrigen bestimmt ist, diese Axe dahin, dass jener Endpunct der Blase den Ort $\frac{A+B}{2}$ angebe, wo dann diese Axe selbst dem Horizonte parallel seyn wird. Auch hier wird eine Wiederholung des Verfahrens, wodurch die etwa noch übrig bleibenden Fehler immer mehr vermindert werden, vortheilhaft seyn.

3) Azimut des Rohres. — Durch 2) ist die Rotationsaxe des Instruments horizontal, und durch 1) die optische Axe des Fernrohres auf jene Rotationsaxe senkrecht gestellt worden, so dass daher diese optische Axe, während der Bewegung des Fernrohres, einen Vertikalkreis beschreibt. Es ist nur noch übrig, das Azimut dieses Vertikalkreises zu untersuchen, und dann denselben in die Ebene des Meridians zu bringen.

Zu diesem Zwecke sey t die Uhrzeit des beobachteten Durchganges eines bekannten Sterns durch den mittleren vertikalen Faden, und α, δ die scheinbare Rectascension und Declination des Sterns. Wurde der Stern in seiner unteren Culmination beobachtet, so wird man für δ nicht die Declination, sondern das Complement derselben zu 180° nehmen. Endlich sey der Kürze wegen

$$m = \frac{\mathrm{Sin}\,(\varphi - \delta)}{\mathrm{Cos}\,\delta},$$

wo φ die Polhöhe des Beobachtungsortes bezeichnet.

Für einen zweyten Stern seyen dieselben Grössen

$$t', \alpha', \delta' \text{ und } m' = \frac{\mathrm{Sin}\,(\varphi - \delta')}{\mathrm{Cos}\,\delta'}.$$

Nehmen wir an, dass die vertikale Ebene, welche die optische Axe des Fernrohres während der Bewegung desselben beschreibt, auf der Südseite des Zeniths östlich von dem Meridian liege, und mit der Ebene des Meridians den Winkel a bilde, wo also a das gesuchte Azimut des Rohres ist, und dass ferner zur Zeit der Beobachtung die Uhr um x Secunden zu spät gegen Sternzeit gehe, so hat man, wie man leicht sieht, für den ersten Stern

$$x = \alpha - t - m a,$$

und eben so für den zweyten

$$x = \alpha' - t' - m' a.$$

Diese beyden Gleichungen enthalten zwey unbekannte Grössen a und x, die man daher aus ihnen finden wird. Man erhält so

$$a = \frac{(\alpha' - t') - (\alpha - t)}{m' - m}, \text{ oder}$$

$$a = \frac{(\alpha' - t') - (\alpha - t)}{\mathrm{Cos}\,\varphi\,(\mathrm{tg}\,\delta - \mathrm{tg}\,\delta')}, \text{ oder endlich}$$

$$a = [(\alpha' - t') - (\alpha - t)]\ \frac{\mathrm{Cos}\,\delta'\,\mathrm{Cos}\,\delta}{\mathrm{Cos}\,\varphi\,\mathrm{Sin}\,(\delta - \delta')}.$$

Man sieht aus diesem Ausdrucke, dass zur Bestimmung von a solche Sternenpaare vorzüglich geeignet sind, die so nahe als möglich an dem Pole des Äquators, und zwar zu verschiedenen Seiten desselben culminiren, so dass, wenn der eine dieser Circumpolarsterne in der oberen Culmination genommen würde, der andere in der unteren Culmination beobachtet werden soll. Hat man denselben Stern in seinen beyden Culminationen beobachtet, so ist, wenn t' die Zeit der unteren Culmination, und δ die Declination des Sterns ist,

$$a = \frac{12^h - (t' - t)}{2 \operatorname{Cos} \varphi \operatorname{tang} \delta},$$

welcher Ausdruck von der Kenntniss der Rectascension des Sterns ganz unabhängig ist. Dass übrigens die zweyte Beobachtungszeit t' durch den bekannten Gang der Uhr gegen Sternzeit corrigirt werden muss, ist für sich klar. Kennt man so das Azimut a des Rohres, so wird man dasselbe durch die Schraube immer mehr vermindern können, welche das eine Ende der Rotationsaxe in horizontaler Richtung, oder von Ost gegen West zu bewegen bestimmt ist, so wie man auch, wenn der Werth von a bekannt ist, für jeden anderen Stern entweder die Correction der Uhr, wenn man die Rectascension des Sterns kennt, oder diese aus jener durch die Gleichung findet,

$$x = \alpha - t - a \frac{\operatorname{Sin}(\varphi - \delta)}{\operatorname{Cos} \delta}.$$

23. §. Durch das vorhergehende Verfahren wird man die erwähnten drey vorzüglichsten Fehler des Mittagsrohres in kurzer Zeit, zwar nicht leicht ganz wegbringen, aber doch sehr klein machen können. Wenn dieses geschehen ist, so wird man die noch übrig bleibenden Unrichtigkeiten, nicht mehr einzeln durch mechanische Hülfsmittel zu vermindern, sondern vielmehr alle zugleich durch die nun folgenden Beobachtungen selbst für jeden Beobachtungstag zu bestimmen suchen, ein Verfahren, welches eine viel grössere Genauigkeit gewähret, und auch schon durch die bemerkte Veränderlichkeit dieser Fehler gebothen wird.

Es sey (nach Encke, Berliner Jahrbuch für 1830) PZA (Fig. 19) der Meridian, P der Pol, Z das Zenith,

A der Durchschnittspunct des Äquators mit dem Meridian, O der wahre Ostpunct, und p der östliche Pol der Rotationsaxe, oder der Punct des Himmels, in welchem er von dieser verlängerten östlichen Axe getroffen wird. Sey ferner S p′ der grösste Kreis, welchen das Instrument beschreiben würde, wenn die Collimation der optischen Axe desselben gleich Null wäre, und der punctirte Kreis derjenige, den es wegen seiner Collimation in der That beschreibt, so dass also die beyden letzten Kreise parallel sind, und von einander um den Bogen c = Collimation entfernt sind.

Um die Lage von p auf den Meridian, auf den Pol oder auf das Zenith beziehen zu können, führe man die Bezeichnungen ein

$$\text{Winkel } AZp = 90 + a,\quad Zp = 90 + b,$$
$$APp = 90 + A,\quad Pp = 90 + B,$$

und $PZ = 90 - \varphi$ die Äquatorhöhe.

Dieses vorausgesetzt, gibt das sphärische Dreyeck PZp die folgenden Gleichungen

$$\left.\begin{aligned}
\text{Cos}\,A\,\text{Cos}\,B &= \text{Cos}\,a\,\text{Cos}\,b,\\
\text{Sin}\,A\,\text{Cos}\,B &= \text{Sin}\,b\,\text{Cos}\,\varphi + \text{Cos}\,b\,\text{Sin}\,\varphi\,\text{Sin}\,a,\\
\text{Sin}\,B &= \text{Sin}\,b\,\text{Sin}\,\varphi - \text{Cos}\,b\,\text{Cos}\,\varphi\,\text{Sin}\,a,\\
&\text{und überdiess}\\
\text{Sin}\,a\,\text{Cos}\,b &= -\text{Sin}\,B\,\text{Cos}\,\varphi + \text{Cos}\,B\,\text{Sin}\,A\,\text{Sin}\,\varphi,\\
\text{Sin}\,b &= \text{Sin}\,B\,\text{Sin}\,\varphi + \text{Cos}\,B\,\text{Sin}\,A\,\text{Cos}\,\varphi,
\end{aligned}\right\}\ldots\ldots(\text{I}).$$

Befindet sich nun ein Stern, dessen Declination δ ist, in der wirklichen Gesichtslinie in s, und nennt man τ den Stundenwinkel, den man noch zu dem beobachteten hinzusetzen muss, um die Zeit zu erhalten, wo der Stern im Meridian ist, so gibt das Dreyeck P s p die Gleichung

$$\text{Sin}\,c = -\text{Sin}\,\delta\,\text{Sin}\,B + \text{Cos}\,\delta\,\text{Cos}\,B\,\text{Sin}\,(\tau - A)\ldots.(\text{II}),$$

aus welcher τ gefunden werden soll. Diese Gleichung gibt auch

$$\text{Sin}\,(\tau - A)\,\text{Cos}\,B = \text{Sin}\,B\,\text{tang}\,\delta + \text{Sin}\,c\,\text{Sec}\,\delta,$$

oder wenn man zu beyden Seiten Sin A Cos B addirt,

$$2\,\text{Sin}\,\tfrac{1}{2}\tau\,\text{Cos}\,(\tfrac{1}{2}\tau - A)\,\text{Cos}\,B = \text{Sin}\,A\,\text{Cos}\,B$$
$$+ \text{Sin}\,B\,\text{tang}\,\delta + \text{Sin}\,c\,\text{Sec}\,\delta\ldots.(\text{A}).$$

Substituirt man in diesen Ausdrücken für Sin B und Sin A Cos B ihre Werthe aus (I), so erhält man

$$2 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\tau \operatorname{Cos} (\tfrac{1}{2}\tau - A) \operatorname{Cos} B = \operatorname{Sin} a \frac{\operatorname{Sin}(\varphi - \delta)}{\operatorname{Cos} \delta} \operatorname{Cos} b$$
$$+ \operatorname{Sin} b \frac{\operatorname{Cos}(\varphi - \delta)}{\operatorname{Cos} \delta} + \operatorname{Sin} c \operatorname{Sec} \delta \ldots . (B),$$

und eben so

$$2 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2}\tau \operatorname{Cos} (\tfrac{1}{2}\tau - A) \operatorname{Cos} B = \frac{\operatorname{Sin} b}{\operatorname{Cos} \varphi}$$
$$- \operatorname{Sin} B \frac{\operatorname{Sin}(\varphi - \delta)}{\operatorname{Cos} \delta \operatorname{Cos} \varphi} + \operatorname{Sin} c \operatorname{Sec} \delta \ldots . (c).$$

Der Factor Cos ($\frac{1}{2}\tau$ — A) Cos B ist der Cosinus des Winkels, unter welchem der τ halbirende grösste Kreis den Kreis S p′ schneidet, so wie Cos A Cos B der Cosinus des Winkels von S p′, und dem Meridian in ihrem Durchschnittspuncte Q ist. Die Entfernung A Q erhält man durch die Gleichung

$$\operatorname{tang} A Q = - \operatorname{Sin} A \operatorname{Cotg} B.$$

24. §. Die vorhergehenden Ausdrücke sind ganz genau. Setzt man aber voraus, dass die Fehler des Instruments durch das Verfahren des §. 22 schon so sehr vermindert worden sind, dass man ihre zweyten und höheren Potenzen ohne merklichen Fehler vernachlässigen kann, so sind τ, A, B und a, b, c nur sehr kleine Grössen, und die drey letzten Gleichungen gehen daher in folgende einfachere über:

$$\alpha - (t + x) = A + B \operatorname{tang} \delta + c \operatorname{Sec} \delta \ldots . (A),$$
$$\alpha - (t + x) = a \frac{\operatorname{Sin}(\varphi - \delta)}{\operatorname{Cos} \delta} + b \frac{\operatorname{Cos}(\varphi - \delta)}{\operatorname{Cos} \delta} + c \operatorname{Sec} \delta \ldots . (B),$$
$$\alpha - (t + x) = \frac{b}{\operatorname{Cos} \varphi} - \frac{B \operatorname{Sin}(\varphi - \delta)}{\operatorname{Cos} \varphi \operatorname{Cos} \delta} + c \operatorname{Sec} \delta \ldots . (C),$$

wo α die scheinbare Rectascension des Sterns, t die Uhrzeit der Beobachtungen, x die Verspätung der Uhr gegen Sternzeit, also $\alpha - (t + x)$ den östlichen Stundenwinkel des Sterns zur Zeit der Beobachtung bezeichnet.

Die Grössen A, B, a und b hängen so von einander ab, dass man hat

$$A = a \operatorname{Sin} \varphi + b \operatorname{Cos} \varphi,$$
$$B = b \operatorname{Sin} \varphi - a \operatorname{Cos} \varphi,$$
$$a = A \operatorname{Sin} \varphi - B \operatorname{Cos} \varphi,$$
$$b = A \operatorname{Cos} \varphi + B \operatorname{Sin} \varphi.$$

Die allen diesen Ausdrücken von $\alpha - (t + x)$ gemeinschaftliche Grösse c wird durch Umkehren des Instruments (wie §. 22. I.) bestimmt. Braucht man dann die Gleichung (C), so findet man die Grösse b durch die Libelle (§. 22. II.). Die Grösse B aber kann durch Beobachtung der beyden Culminationen eines Circumpolarsternes bestimmt werden. Die obere Culmination gibt nämlich (nach der Gleichung (A))

$$\alpha - (t + x) = A + B \text{ tang } \delta + c \text{ Sec } \delta,$$

und die untere

$$12^h + \alpha - (t' + x) = A - B \text{ tang } \delta - c \text{ Sec } \delta,$$

also auch beyder Differenz

$$B = \frac{(t' - t) - 12^h}{2 \text{ tang } \delta} - c \text{ Sec } \delta.$$

Für zwey verschiedene Sterne ist

$$B = \frac{\alpha - t - c \text{ Sec } \delta - (\alpha' - t' - c \text{ Sec } \delta')}{\text{tg } \delta - \text{tg } \delta'},$$

wo α, t, δ die Rectascension, die beobachtete Culminationszeit und die Declination des einen, und α', t', δ' des andern Sterns bezeichnet.

Braucht man aber die Gleichung (A), so wird man zuerst c und B, wie zuvor, bestimmen, und dann entweder das Azimut a durch ein zu diesem Zwecke eingerichtetes terrestrisches Meridianzeichen, oder auch b durch Hülfe der Libelle (wie §. 22. II.) suchen. Ist so nebst den Grössen c und B auch entweder a oder b bekannt, so findet man die Grössen A entweder aus

$$A = \quad B \text{ Cotg } \varphi + \frac{a}{\text{Sin } \varphi},$$

oder aus

$$A = -B \text{ tang } \varphi + \frac{b}{\text{Cos } \varphi}.$$

Will man bloss Differenzen der Rectascensionen durch das Mittagsinstrument bestimmen, so ist die Form (A) die bequemste, weil man dann die constante Grösse A nicht zu berücksichtigen braucht.

Braucht man endlich die Form (B), so wird man c durch Umkehren (§. 22. I.), b durch die Libelle (§. 22. II.), und endlich a durch die Beobachtung der dem Pole sehr nahen Sterne bestimmen. Um das hier zu beobachtende

Verfahren deutlich zu machen, wollen wir es umständlich angeben.

Sey also a das Azimut des Fernrohres, und c der Collimationsfehler desselben, beyde positiv, wenn die Axe des Rohres auf der Südseite des Zeniths gegen Ost abweicht. Sey ferner b die Neigung der Rotationsaxe gegen den Horizont, positiv, wenn die Westseite derselben zu hoch steht, und t die Uhrzeit der Beobachtungen, so wie x die Correction der Uhr gegen Sternzeit, positiv, wenn die Uhr gegen Sternzeit zu wenig gibt. Endlich sey α und δ die scheinbare Rectascension und Declination des beobachteten Sterns, und φ die Polhöhe (für untere Culminationen ist α die um 12^h vermehrte Rectascension, und δ das Complement der Declination zu 180; südliche Declinationen sind negativ).

Setzt man der Kürze wegen

$$m = \operatorname{Sin}(\varphi - \delta)\operatorname{Sec}\delta, \text{ und } n = \operatorname{Cos}(\varphi - \delta)\operatorname{Sec}\delta,$$

und eben so für einen zweyten Stern

$$m' = \operatorname{Sin}(\varphi - \delta')\operatorname{Sec}\delta', \text{ und } n' = \operatorname{Cos}(\varphi - \delta')\operatorname{Sec}\delta',$$

so hat man die beyden Gleichungen

$$\alpha = t + x + am + bn + c\operatorname{Sec}\delta,$$
$$\alpha' = t' + x + am' + bn' + c\operatorname{Sec}\delta'.$$

Aus diesen beyden Gleichungen erhält man, wenn man b und c kennt, das Azimut a durch den Ausdruck

$$a = \frac{(\alpha - t) - (\alpha' - t') - b(n - n') - c(\operatorname{Sec}\delta - \operatorname{Sec}\delta')}{m - m'},$$

oder wenn jeder der beyden Sterne seine eigene Neigung der Axe b und b′ hat,

$$a = \frac{(\alpha - t) - (\alpha' - t') + b'n' - bn + c\operatorname{Sec}\delta' - c\operatorname{Sec}\delta}{m - m'} \ldots . \text{(III)}.$$

Um aus dieser Gleichung den Werth von a genau zu finden, wird man (wie Seite 188), zwey dem Pole sehr nahe Sterne, und zwar den einen in der oberen, den anderen in der unteren Culmination wählen.

Braucht man aber in beyden Beobachtungen denselben, dem Pole nahen Stern, so hat man für die obere Culmination

$$(\alpha - t - x)\operatorname{Cos}\delta = a\operatorname{Sin}(\varphi - \delta) + b\operatorname{Cos}(\varphi - \delta) + c,$$

und für die untere

$$(12^h + \alpha - t' - x)\operatorname{Cos}\delta = a\operatorname{Sin}(\varphi + \delta) + b'\operatorname{Cos}(\varphi + \delta) - c,$$

woraus für das Azimut folgt

$$a = \frac{12 - t' + t + [b \, \mathrm{Cos}\,(\varphi - \delta) - b' \, \mathrm{Cos}\,(\varphi + \delta) + 2\,c] \, \mathrm{Sec}\,\delta}{2 \, \mathrm{Cos}\,\varphi \, \mathrm{tang}\,\delta} \ldots (\mathrm{III}'),$$

in welcher letzten Gleichung die Grösse δ immer die Declination des Sterns bezeichnet.

25. §. Durch die Gleichung (III) oder (III′) findet man also das Azimut a, wenn die beyden Grössen b und c bekannt sind. Wie findet man aber diese Grössen b und c?

I. Die Grösse b findet man (wie §. 22. II.) durch die Libelle. Diese gebe in der ersten Lage westlich die Zahl W, und östlich O, und nach ihrer Umkehrung in der zweyten Lage westlich W′, und östlich O′. Ist dann k der Werth eines Theilstriches der Libelle (Seite 160), so ist

$$b = \frac{k}{60} [(W + W') - (O + O')],$$

oder abkürzend

$$b = \frac{k}{30} \, (W - O') = \frac{k}{30} (W' - O).$$

Ist z. B. W = 27.9, O = 19.5, W′ = 23.0, O′ = 24.2, und k = 0.″639, so ist b = + 0.″08.

II. Die Grösse c kann man durch ein terrestrisches Object bestimmen, dessen Durchmesser (in Secunden des Bogens) bekannt ist. Der Mittelfaden des Instruments stehe in der gewöhnlichen Lage des Fernrohres p Raumsecunden östlich von dem Mittelpuncte des terrestrischen Zeichens (steht er so viel westlich, so ist p negativ). Dann kehre man das Rohr um, so dass das westliche Ende der Drehungsaxe jetzt östlich werde, und in dieser zweyten Lage des Rohres stehe der Mittelfaden q Secunden östlich von dem Mittelpuncte des Zeichens, so ist

$$c = \frac{p - q}{30}.$$

Sicherer noch findet man diese Grösse c durch die Beobachtung eines dem Pole nahen Sternes an dem ersten der in dem Fernrohre ausgespannten Verticalfäden. Die Zeit dieser Beobachtung, durch das bekannte Intervall der Fäden auf den Mittelfaden reducirt, sey θ. Dann kehre man das Mittagsrohr um, so dass die westliche Axe desselben östlich

werde, und beobachte den Stern wieder an dem letzten Faden (dass heisst, an demselben, der vorhin der erste war). Die Zeit dieser Beobachtung, auf den Mittelfaden reducirt, sey θ', so ist

$$c = \frac{\theta' - \theta}{2} \cdot \text{Cos}\, \delta.$$

Ist bey diesen beyden Beobachtungen die Neigung der Rotationsaxe verschieden, und ist dieselbe bey der ersten Beobachtung b, und bey der zweyten b', so ist

$$c = \frac{\theta' - \theta + (b' - b)\, n}{2} \cdot \text{Cos}\, \delta,$$

wo wieder für untere Culminationen δ das Complement der Declination zu 180° ist.

Kennt man so für einen Beobachtungstag die Grössen a, b und c, so wird man aus jeden andern an diesem Tage beobachteten Stern entweder die Correction der Uhr durch die Gleichung

$$x = \alpha - t - am - bn - c\, \text{Sec}\, \delta \ldots (\text{IV}),$$

oder wenn x bekannt ist, die Rectascension α des beobachteten Sterns aus der Gleichung

$$\alpha = t + x + am + bn + c\, \text{Sec}\, \delta \ldots (\text{V})$$

finden. Andere Anwendungen und Erweiterungen des Gebrauches des Mittagsrohres sehe man in den astronomischen Nachrichten Vol. VI.

Um das Vorhergehende durch ein Beyspiel deutlich zu machen, so wurde am 14. May 1828 der Polarstern in seiner unteren Culmination an den zwey ersten der fünf Fäden des Meridiankreises in Wien beobachtet. Die durch die bekannte Distanz der Fäden daraus abgeleitete Zeit des Mittelfadens war $\theta = 12^h\, 59'\, 56.''90$. Dann wurde der früher gegen Ost stehende Kreis nach West umgelegt, und derselbe Stern an den zwey letzten, das heisst also, an denselben Fäden, wie in der ersten Lage, beobachtet. Die daraus abgeleitete Zeit des Mittelfadens war $\theta' = 12^h\, 59'\, 35.''29$. Vor dem Umkehren zeigte die Libelle:

$$W = 32.5,\ O = 33.7,\ W' = 34.1,\ O' = 32.3,$$

und nach dem Umkehren zeigte die Libelle:

$$W = 29.2,\ O = 37.6,\ W' = 30.2,\ O' = 36.3.$$

Da nun der Werth eines Theilstriches der Libelle $k = 0.''639$ ist, so war vor der Umkehrung $b = +0.006$, und nach derselben $b' = -0.156$. Da ferner für diesen Tag die scheinbare Declination des Polarsterns

$$\delta = 88^{\circ}\ 23'\ 23.''63 \text{ ist, so ist}$$

$$\theta' - \theta = -21.''61,\quad b' - b = -0''162,$$

und daher, weil man in der unteren Culmination $180^{\circ} - \delta$ statt δ setzen muss,

$$n = \text{Cos}(\varphi - \delta)\,\text{Sec}\,\delta = -25.''85, \text{ und}$$

$$c = \frac{\theta' - \theta + (b' - b)\,n}{2}\,\text{Cos}\,\delta = -0.''2447.$$

Will man die Beobachtungen nebst den Collimationsfehler zugleich von der täglichen Aberration (I. S. 86) befreyen, so wird man für c setzen

$$c - 0.0209\ \text{Cos}\,\varphi.$$

An demselben Tage waren die beobachteten Durchgangszeiten durch den mittleren Faden, im Mittel aus allen fünf Fäden von

α Urs. maj. $10^{h}\,53'\,41.''47 = t$ Uhrzeit,
α Urs. min. untere Culmination $12\ 59\ 56.90 = t'$ Uhrzeit.

Die scheinbaren Rectascensionen dieser Sterne sind

α Urs. maj.	10^{h}	$53'$	$3.''81$,
α Urs. min.	12	58	52.69.

Ferner ist $b = +0.006$, und $c = +0.231$, also auch für

	α Urs. maj.	α Urs. min.
$b\,n'$	$+0.01$	-0.16
$c\,\text{Sec}\,\delta$	$+0.50$	-8.22,

und damit gibt die Gleichung (III)

$$a = \frac{-64.21 + 37.66 + 0.01 + 0.16 + 0.50 + 8.22}{24.99} = -0.''707.$$

Kennt man so a, b und c, so wird man durch die Beobachtung eines jeden anderen Sterns entweder die Correction x der Uhr nach (IV.), oder die Rectascension α des Sterns nach (V) bestimmen. So war für denselben Tag

Uhrzeit des Mittelfadens	α Aurigae	α Orionis	β Geminorum	α Leonis
	$5^h\,4'\,38.''66$	$5^h\,46'\,31.''02$	$7^h\,35'\,26.''33$	$9^h\,59'\,52.''56$
scheinbare Rectascension	5 4 0.27	5 45 52.13	7 34 47.57	9 59 13.69
α—t	— 38.39	— 38.89	— 38.76	— 38.87
b n	+ 0.01	0.00	0.01	0.00
c Sec δ	+ 0.33	0.23	0.26	0.23
a m	— 0.05	— 0.47	— 0.27	— 0.42
x =	— 38.68	— 38.65	— 38.76	— 38.68

also im Mittel aus allen vier Bestimmungen

$$x = -38.''69.$$

Multiplicationskreise.

26. §. Zu Bestimmungen der Höhen oder der Poldistanzen der Gestirne braucht man gewöhnlich ganze Kreise, die sich durch eine eigene Vorrichtung vertical stellen lassen, und um deren Axe sich ein Fernrohr parallel mit der Kreisfläche bewegt. Die früher zu diesem Zwecke gebrauchten, unter den Namen der Quadranten, Sectoren u. f. bekannten Theile eines Kreises sind den ganzen Kreisen mit Recht weit nachzusetzen, daher wir hier nur die letzteren näher betrachten wollen.

Der nun auch immer mehr ausser Gebrauch kommende Multiplicationskreis besteht aus zwey concentrischen Kreisen, die sich in einer Verticalfläche um ihre gemeinschaftliche horizontale Axe drehen, welche letztere an einer verticalen Säule befestiget ist. Der äussere Kreis trägt gewöhnlich die Eintheilung, und der innere, mit welchem das Fernrohr verbunden ist, trägt die Verniere, welche neben der Eintheilung des äusseren Kreises hingleiten. Die diese Kreise tragende verticale Säule hat noch einen kleineren Azimutalkreis, durch welchen man die Fläche der beyden verticalen Kreise wenigstens sehr nahe auf irgend einen bestimmten Punct des Horizonts stellen kann.

Durch Hülfe einer eigenen Druckschraube kann man den innern, das Fernrohr tragenden Kreis an den äusseren Kreis festschrauben, und dann beyde Kreise zugleich in einer senkrechten Ebene auf und ab bewegen. Mittels einer ähnlichen zweyten Schraube kann man aber auch bloss den äusseren Kreis an die verticale Säule befestigen, und dann, indem man die vorige Druckschraube öffnet, bloss den inneren Kreis mit seinem Fernrohr concentrisch mit dem äusseren festen Kreise auf und ab bewegen. Diese Einrichtung setzt den Beobachter in den Stand, denselben Winkel öfter nach einander zu messen, oder ihn zu multipliciren, wodurch man sich von den Fehlern der Theilung u. f. unabhängig machen kann. Da aber die meisten dieser Fehler bey den neueren Kreisen schon ungemein klein sind, so hat man diese, in der Beobachtung sowohl als in der Berechnung dieser Beobachtungen zeitraubende, und vielleicht selbst, wegen der dabey nothwendigen immerwährenden Bewegung des Instruments und seiner Theile, auch unsichere Methode in den neueren Zeiten wieder grösstentheils verlassen. Man verfährt aber bey diesen Multiplicationen auf folgende Weise:

Man stellt einen der vier Verniere des innern Kreises auf irgend einen Theilstrich des äussern, z. B. beynahe auf 0°, wodurch die drey anderen sehr nahe auf 90, 180 und 270 kommen. Dann befestige man durch die erste der oben erwähnten Druckschrauben den inneren Kreis an den äusseren, und bringe durch die Micrometerschraube des inneren Kreises den ersten Vernier genau auf 0° 0′ 0″. Dann öffne man den äusseren Kreis durch die zweyte Druckschraube, drehe beyde Kreise zugleich um ihre verticale Säule, bis ihre Ebene durch das zu beobachtende Gestirn geht. In dieser Ebene drehe man ferner beyde Kreise zugleich um ihre gemeinschaftliche horizontale Axe, bis das Gestirn im Felde des Fernrohrs, nahe an dem horizontalen Faden des Fernrohres erscheint. Dann schliesse man den äusseren Kreis, so wie den unteren Azimutalkreis, bringe den Faden, durch die Micrometerschraube des äusseren Kreises, genau auf das Gestirn, und bemerke für diesen Augenblick die Zeit der Uhr.

So ist die erste Beobachtung vollendet. Da diese aber, weil der innere Kreis mit seinem Fernrohre noch immer auf 0° steht, für sich allein keinen Werth hat, so geht man sofort zu der zweyten Beobachtung über.

Man löst nämlich den Azimutalkreis, und dreht die beyden Verticalkreise um ihre verticale Säule um 180 im Azimut, bis die Ebene beyder Kreise wieder durch das Gestirn geht. Dann öffne man die erste Druckschraube, welche den inneren Kreis an den äusseren befestigte, und drehe diesen geöffneten inneren Kreis innerhalb des festen äusseren so lange, bis das Fernrohr wieder auf den Stern steht. In dieser Lage schliesst man den inneren Kreis durch seine Druckschraube wieder an den äusseren, so wie den Azimutalkreis, bringt dann durch die Micrometerschraube des inneren Kreises den Stern wieder genau auf den horizontalen Faden, und bemerkt endlich auch diesen Augenblick der Beobachtung an der Uhr.

Jetzt ist auch die zweyte Beobachtung vollendet, und die Verniere, welche von ihren anfänglichen Standpuncte sämmtlich um die doppelte Zenithdistanz des Gestirns fortgerückt sind, können abgelesen werden.

Will man aber die 4, 6, 8 . . . fache Zenithdistanz des Gestirns erhalten, so wiederholt man das so eben angezeigte Verfahren noch 1, 2, 3 . . . mal, und nur mit dem Unterschiede, dass der Vernier nicht, wie anfangs, auf Null zurückgeführt wird, sondern im Anfange einer jeden ungeraden Beobachtung dort stehen bleibt, wo er am Ende der vorhergehenden geraden Beobachtung war. Dass übrigens das Ablesen der Verniere nicht nach jedem Beobachtungspaare, sondern erst am Schlusse der ganzen Beobachtungsreihe nöthig ist, ist für sich klar.

Kann man die Höhenänderung des Gestirns während der Zeit der Beobachtungen als der Zeit proportional annehmen, so wird man das Mittel der so erhaltenen Zenithdistanzen, oder den durch die Anzahl der Beobachtungen dividirten durchlaufenen Bogen des Kreises, als die Zenithdistanz des Mittels der sämmtlichen Beobachtungszeiten ansehen. Kann man sich aber diese Voraussetzung nicht erlauben, so wird man jedes einzelne Beobachtungspaar nach

der Gleichung der I. S. 197 auf die Mitte der Zeiten reduciren, und das Mittel dieser reducirten Beobachtungen als die gesuchte Zenithdistanz für die Mitte der sämmtlichen Beobachtungszeiten betrachten.

27. §. Die vorhergehende Beobachtungsart setzt voraus, dass die verticale Säule des Instruments in der That vertical stehe; dass die Ebene der beyden verticalen Kreise mit jener Säule parallel sey, und dass endlich auch die Gesichtslinie des Fernrohres mit der Ebene dieser Kreise parallel sey.

I. Die Verticalität der Säule erhält man gewöhnlich durch eine Libelle, die an ihrer Rückseite senkrecht auf diese Säule befestigt ist, und mit welcher man nach Seite 150 verfährt. Bemerkt man während den Beobachtungen eine Verstellung der Säule, dass heisst, eine Veränderung der Libelle, so kann man von ihr auf folgende Weise Rechnung tragen.

Heisst in jeden der beyden Lagen des Instruments a die Zahl des bey dem Beobachter stehenden, und b die Zahl des bey dem Gestirne stehenden Endpunctes der Blase, und nennt man diese Zahlen für die folgenden Beobachtungen a′, b′, a″, b″..., so hat man, wenn k den Werth eines Theilstrichs der Libelle bezeichnet, für die gesuchte Correction der beobachteten Zenithdistanz

$$\frac{k}{2N}[(a+a'+a''+..)-(b+b'+b''+..)],$$

wo N die Anzahl der Beobachtungen ist, und wo diese Correction mit ihrem Zeichen an der beobachteten Zenithdistanz angebracht wird.

II. Den Parallelismus der Ebene der beyden Kreise mit der verticalen Säule kann man durch eine zweyte Libelle herstellen, die, wie bey dem Mittagsrohre, an den beyden Enden der zu diesem Zwecke hervorstehenden horizontalen Axe dieser Kreise angehängt, und wodurch diese Axe nach Seite 186 horizontal, also auch die von dem Künstler schon darauf senkrecht gesetzte Ebene der Kreise vertical gemacht wird. Wäre n die Neigung der Ebene der Kreise gegen die verticale Säule, so ist die durch das Instrument gefun-

dene Zenithdistanz z des Sterns von der wahren Zenithdistanz z' verschieden, und man hat

$$\mathrm{Cos}\, z' = \mathrm{Cos}\, n\, \mathrm{Cos}\, z, \text{ oder}$$

$$z' - z = \frac{n^2}{2} \mathrm{Cotg}\, z\, \mathrm{Sin}\, 1'',$$

woraus man sieht, dass dieser Fehler für Beobachtungen nahe am Zenithe sehr nachtheilige Folgen haben kann.

III. Den Parallelismus der optischen Axe des Fernrohrs mit den Kreisen untersucht man, wie bey dem Mittagsrohre Seite 186 gezeigt worden ist. Man stellt nämlich den verticalen Faden des Fernrohres auf einen scharf begrenzten und sehr entfernten Gegenstand, bewegt dann die Säule mittelst des Azimutalkreises genau um 180 Grade, und bemerkt, indem man das Fernrohr wieder auf den Gegenstand bringt, ob der Faden denselben wieder genau trifft: im entgegengesetzten Falle verbessert man die Hälfte des Fehlers durch die Schraube, welche das Fadennetz in horizontaler Richtung bewegt, und wiederholt das Verfahren, bis der Fehler verschwindet. Wäre m die Neigung der optischen Axe gegen die Kreise, und z die beobachtete, und z' die wahre Zenithdistanz, so hat man, wie zuvor,

$$\mathrm{Cos}\, z' = \mathrm{Cos}\, m\, \mathrm{Cos}\, z, \text{ oder}$$

$$z' - z = \frac{m^2}{2} \mathrm{Cotg}\, z\, \mathrm{Sin}\, 1''.$$

Meridiankreise.

28. §. Vorzüglicher, als die Multiplicationskreise, sind die Meridiankreise, die so genannt werden, weil man mit ihnen die Rectascensionen sowohl, als auch die Zenithdistanzen der Gestirne zur Zeit ihrer Culmination in dem Meridian beobachtet. Die von Reichenbach eingeführten Meridiankreise, auf welche ich mich hier beschränke, unterscheiden sich von einem zwischen zwey Pfeilern stehenden Mittagsrohr nur dadurch, dass sie an dem einen Endpuncte ihrer horizontalen Axe zwey concentrische, verticale

Kreise tragen, von welchen der eine, die Alhidade, welche die vier Verniere und eine Libelle trägt, an dem einen der beyden Pfeiler befestiget ist, während der andere sich mit der horizontalen Drehungsaxe und dem daran befestigten Fernrohre auf und ab bewegt. Die nähere Einrichtung der einzelnen Theile des Instruments wird man besser bey der unmittelbaren Ansicht desselben kennen lernen, daher wir hier dabey nicht verweilen, sondern sogleich zu der Anwendung und zu den Correctionen desselben übergehen, welche man an diesem Instrumente vornehmen muss, um den damit gemachten Beobachtungen die nöthige Genauigkeit zu geben.

Da das Instrument zugleich Höhenkreis und Mittagsrohr ist, oder da man durch dasselbe sowohl Zenithdistanzen als Rectascensionen beobachten kann, so gelten zuerst alle die Vorschriften, welche wir oben Seite 185 bis 195 für das Mittagsrohr gegeben haben, auch hier unverändert.

Die unmittelbar an den Kreisen gemachten Beobachtungen kann man entweder als Zenithdistanzen oder auch als Poldistanzen betrachten, wenn man in dem ersten Falle, durch Umkehren des Instruments (wodurch das früher östliche Ende der Rotationsaxe westlich wird) den Scheitelpunct, oder wenn man in dem zweyten Falle durch Beobachtung der Circumpolarsterne in ihren beyden Culminationen den Polpunct des Instruments bestimmt. Die letzte Methode ist einfacher und zugleich directer, weil sie unmittelbar das gesuchte Resultat, die Poldistanz der beobachteten Sterne gibt, aber nicht die Polhöhe, die man nur durch die erste Methode erhält.

Wählt man unter den Circumpolarsternen die beyden, α und δ Ursae minoris, deren Declination genau bekannt ist, so gibt jede einzelne Beobachtung, wenn man sie von der Refraction befreyt, und mit der scheinbaren Poldistanz des Sterns vergleicht, den Polpunct des Kreises, und daraus unmittelbar die Poldistanzen aller übrigen beobachteten Sterne. Erhält man so zwey Bestimmungen des Polpuncts in zwey entgegengesetzten Lagen des Kreises, so ist ihre halbe Differenz gleich der Äquatorhöhe des Beobachtungsorts. So erhielt man in Wien

1827	Polpunct			Polpunct
Aug. 22	41° 48′ 32.″85	Kreis Ost.	Sept. 3	318° 13′ 42.″11
24	32.84		4	42.10
25	32.80		5	42.89
Mittel P = 41° 48′ 32.″83			Mittel P′ = 318° 13′ 42.″37	

also auch Äquatorhöhe $\frac{P - P'}{2} = 41° 47' 25.''23$,

Polhöhe 48 12 34.77.

29. §. Die beyden Enden der horizontalen Drehungsaxe sind bey dem Meridiankreise, wie bey dem Mittagsrohr, Cylinder vom gehärteten Stahle, die in Lagern von Glockenmetalle liegen. Man kann wohl in den meisten Fällen annehmen, dass die auf die Axe dieser Cylinder senkrechten Durchschnitte genau kreisförmig sind, weil die Künstler die Mittel besitzen, die Kreisform mit der grössten Schärfe zu erzeugen. Indessen wird eine Prüfung derselben nicht überflüssig seyn.

I. Wenn das Niveau bey allen Drehungen des Instruments, d. h. bey allen Lagen des Fernrohres unverändert bleibt, so ist es sehr wahrscheinlich, dass die Durchschnitte dieser beyden Cylinder ähnliche und ähnlich liegende, oder vielmehr, dass sie kreisförmige Figuren bilden.

Man stelle das Fernrohr horizontal, das Objectiv z. B. nach Süden. In dieser Lage gebe die Libelle, zweymahl in verkehrter Lage eingehängt, a Par. Linien östlich. — Man kehre das Instrument um, so dass der Kreis auf die andere Seite kommt, stelle das Rohr wieder horizontal, das Object nach Norden, und in dieser Lage gebe die zweymahl eingehängte Libelle b Linien westlich, so folgt daraus, dass in der zweyten Lage die Libelle um $\frac{b - a}{2}$ westlicher steht, als in der ersten (und östlicher, wenn $b < a$ ist). Um diess durch ein Beyspiel zu erläutern (Königsb. Astr. Beob. Vol. VI), so hatte man

		Kreis Ost a Linien	Kreis West b Linien
1820. März	17	0.18 O	0.45 W
	28	0.45 W	0.10 O
April	7	0.15 W	0.31 W
	13	0.12 W	0.32 W u. f.

31 solcher Beobachtungstage gaben in der ersten Columne die Summen aller O. gleich 1.02, und die aller W. gleich 6.36; also ist $a = \frac{6.36 - 1.02}{31} = \frac{5.34}{31} = 0.172$ W. Eben so war in der zweyten Columne die Summe aller O gleich 0.99, und die aller W gleich 7.67; also ist

$$b = \frac{7.67 - 0.99}{31} = \frac{6.68}{31} = 0.215 \text{ W.}$$

Die Libelle stand daher im Mittel aus allen Beobachtungen in der zweyten Lage des Rohrs um $\frac{b-a}{2}$, oder da hier a westlich oder negativ ist, um

$$\frac{0.215 + 0.172}{2} = \frac{0.387}{2} = 0.193$$

Linien westlicher, oder da eine Par. Linie der Libelle 2.164 Secunden beträgt, um $(2.164)(0.193) = 0.418$ Secunden, westlicher als in der ersten Lage. Diese allerdings sehr geringe Abweichung ist übrigens noch kein Beweis, dass die beyden Enden der Rotationsaxe von der cylindrischen Figur verschieden sind, da sie auch daraus erklärt werden kann, dass die Axen dieser Cylinder nicht ganz genau in einer geraden Linie liegen.

II. Um die Gleichheit der Durchmesser dieser Cylinder zu untersuchen, wiederhohle man die in I erwähnten Beobachtungen der Libelle vor und nach der Umkehrung des Kreises, doch so, dass in beyden Lagen des Kreises das Objectiv des Fernrohres nach derselben Seite, z. B. nach Süden gekehrt ist. Zeigt in der ersten Lage die doppelt eingehängte Libelle x Linien gen Ost, und in der zweyten x′ Linien gen West, so ist $(x' + x)$ die gesuchte Abweichung der Cylinder, wofür man die Differenz dieser beyden Zahlen nehmen wird, wenn beyde östlich, oder beyde westlich sind (Königsb. astr. Beob.). Man fand so an den in I angeführten Beobachtungstagen

	x	x′	Abweichung
17. März	0.40 W	1.00 O	1.40
28. März	1.42 W	0.40 W	1.02
7. April	0.24 W	1.38 W	1.14 u. f.

33 solcher Beobachtungstage geben die Summe der letzten Columne gleich 42.438, also die gesuchte Abweichung

$$\frac{42.438}{33} = 1.286 \text{ Linien.}$$

Um daraus die Halbmesser r und r' der beyden Cylinder der Axenenden zu finden, sollen die Haken der Wasserwage B'DBF (Fig. 20) einen Winkel BDB' = 90°, und die beyden Lager von Glockenmetall einen Winkel EAE' = 60° bilden. Die Höhe des Punctes A, wo die Lager zusammenstossen, über derselben Horizontalebene, sey h für das östliche Lager, und h' für das westliche. Ferner sey R = 384 Linien die Länge der ganzen Rotationsaxe, und, wie zuvor, die Par. Linie der Libelle gleich 2.164 Secunden. Dieses vorausgesetzt, ist

$$AC = \frac{r}{\text{Sin } 30} = 2r \text{ und } CD = \frac{r}{\text{Sin } 45} = r\sqrt{2}, \text{ und (Fig. 21)}$$

$$MD = MA + AC + CD = h + r(2 + \sqrt{2}),$$

und eben so

$$M'D' = h' + r'(2 + \sqrt{2}).$$

Ferner ist

$$\frac{M'D' - MD}{R} = \text{Sin } \varphi = \varphi \text{ Sin } 1'',$$

und $\varphi = (2.164\, x)$ Secunden, wo x den Ausschlag der Libelle vor der Umlegung des Instruments bezeichnet, also auch

$$x = \frac{M'D' - MD}{R \text{ Sin } 2.''164}, \text{ oder}$$

$$x = \frac{(h' - h) + (r' - r)(2 + \sqrt{2})}{R \text{ Sin } 2.''164},$$

und eben so nach der Umlegung des Instruments

$$x' = \frac{(h' - h) - (r' - r)(2 + \sqrt{2})}{R \text{ Sin } 2.''164}.$$

Die Differenz dieser beyden Gleichungen gibt den gesuchten Unterschied der beyden Halbmesser, oder

$$r' - r = \frac{(x - x') R \text{ Sin } 1.''082}{2 + \sqrt{2}}.$$

Es ist aber nach dem Vorhergehenden $x - x' = 1.286$ und $R = 384$, also ist auch

$$r' - r = 0.00076 \text{ Linien.}$$

30. §. Man will öfter bemerkt haben, dass diese in dem Meridian aufgestellten Fernröhre während ihrer Drehung in verschiedenen Zenithdistanzen auch verschiedene Abweichungen von dem Meridian geben. In der Voraussetzung, dass diese aus irgend einer noch unbekannten Veränderung des Instruments hervorgehenden Abweichungen von dem Sinus und Cosinus der einfachen Zenithdistanz abhängen, oder was dasselbe ist, dass sie in einem grössten Kreise vor sich gehen, hat man statt der Seite 190 gegebenen Gleichung die folgende:

$$(a + \alpha) \operatorname{Sin} (\varphi - \delta) + (b - \beta) \operatorname{Cos} (\varphi - \delta) + c,$$

und nach der Umkehrung der Rotationsaxe

$$(a' + \alpha) \operatorname{Sin} (\varphi - \delta) + (b' - \beta) \operatorname{Cos} (\varphi - \delta) + c',$$

wo a b c und a′ b′ c′ die in Secunden ausgedrückten Abweichungen in Azimut, in der Horizontalität der Axe und in der Collimation, und wo α und β die dem Instrumente eigenthümlichen Abweichungen bezeichnen.

Aus diesen Gleichungen geht hervor, dass man durch astronomische Beobachtungen mit verkehrter Rotationsaxe nur die Grösse β, nicht aber α bestimmen kann, da α sich ganz mit dem Azimute a vereiniget, und daher auch auf alle durch das Instrument erhaltene Rectascensionen keinen weiteren Einfluss hat.

Jene Grösse β aber wird man am vortheilhaftesten dadurch bestimmen, dass man die Rectascensionen der Circumpolarsterne in beyden Lagen des Instruments nicht nur unmittelbar, sondern auch die Bilder dieser Sterne in einem Wasser- oder Quecksilberhorizonte beobachtet.

Ist die unmittelbar beobachtete Zenithdistanz eines Sterns $z = \varphi - \delta$, so ist sie für sein reflectirtes Bild gleich

$$180° - z = 180° - \varphi + \delta,$$

also die Abweichung des Instruments vom Meridian, für das reflectirte Bild

$$(a + \alpha) \operatorname{Sin} (\varphi - \delta) - (b + \beta) \operatorname{Cos} (\varphi - \delta) + c, \text{ und}$$
$$(a' + \alpha) \operatorname{Sin} (\varphi - \delta) - 15 (b' - \beta) \operatorname{Cos} (\varphi - \delta) + c'.$$

Hat man daher die Durchgangszeiten t und t′ eines Sterns durch den mittleren Faden, sowohl direct als auch durch

Reflexion beobachtet, so ist, wenn der Kreis z. B. nach Osten gewendet ist,

$$t + (a + \alpha) m + (b + \beta) n + c \operatorname{Sec} \delta$$
$$= t' + (a + \alpha) m - (b + \beta) n + c \operatorname{Sec} \delta,$$

und wenn er nach Westen gewendet ist,

$$t_{,} + (a' + \alpha) m + (b' - \beta) n + c' \operatorname{Sec} \delta$$
$$= t_{,}' + (a' + \alpha) m - (b' - \beta) n + c' \operatorname{Sec} \delta,$$

wo, wie Seite 192

$$m = \operatorname{Sin} (\varphi - \delta) \operatorname{Sec} \delta, \text{ und}$$
$$n = \operatorname{Cos} (\varphi - \delta) \operatorname{Sec} \delta$$

gesetzt worden ist. Aus diesen Gleichungen erhält man für die Bestimmung der Grösse β die Ausdrücke

$$b + \beta = \frac{t' - t}{2n} \text{ und } b' - \beta = \frac{t_{,}' - t_{,}}{2n}.$$

Da b und b' durch die Libelle bekannt ist, so gibt die Übereinstimmung der in beyden Lagen des Instruments gefundenen Werthe von β die Versicherung, dass die vier beobachteten Puncte der von der optischen Axe des Fernrohrs an der Himmelskugel beschriebenen krummen Linien in der That in einem grössten Kreise liegen.

I. Bey den nach Reichenbach sowohl in München als in Wien verfertigten Meridiankreisen sind gewöhnlich die §. 29. und 30. erwähnten Fehler so klein, dass durch ihre Berücksichtigung die Resultate der Beobachtungen nur selten wesentlich verbessert werden. Dasselbe gilt in einem vielleicht noch höherem Grade von der äusserst vollkommenen Eintheilung dieser Kreise. Eine Anleitung zur genauen Prüfung dieser Eintheilung findet man in Bessel's astronomischen Beobachtungen Vol. I. und VII. Die Theilungsfehler sind im allgemeinen von der Form

$$A + a \operatorname{Sin} (b + z) + a' \operatorname{Sin} (b' + 2z) + a'' \operatorname{Sin} (b'' + 3z) + ,$$

wo z die Zenithdistanz, und A, a, b, a', b'.. die zu bestimmenden Constanten bezeichnet.

Wenn beyde Kreise nicht concentrisch sind, so hat der Fehler, welcher aus dieser Excentricität entsteht, die Form a Sin (b + z), aus welcher Form zugleich folgt, dass dieser Fehler durch diametrale Ablesungen, oder durch zwey einander gegenüberstehende Verniere vermieden wird. Die

Form des Fehlers $a' \operatorname{Sin}(b' + 2z)$ aber lässt sich sowohl durch eine elliptische Figur der zwey Endcylinder der Rotationsaxe, als auch durch eine Ellipticität des Kreises erklären, die derselbe durch den Transport, oder durch das Anschrauben an die Axe erhalten kann.

31. §. Wichtiger scheint die Wirkung der Schwere auf das Fernrohr und den Kreis in den verschiedenen Lagen desselben zu seyn. Diese Einwirkung suchte Reichenbach durch Anbringung unveränderlicher Gegengewichte an dem Fernrohre aufzuheben. Wenn dieses möglich seyn soll, so muss der noch übrig bleibende Fehler der Beugung des Instruments die Form haben

$$a \operatorname{Sin} z + b \operatorname{Cos} z,$$

wo z die beobachtete Zenithdistanz, oder den Ort des Kreises, an welchem die Beobachtung gemacht worden ist, bezeichnet.

Diese Grössen a und b lassen sich durch die verschiedenen Polhöhen bestimmen, welche man sowohl durch unmittelbare Beobachtungen eines Circumpolarsternes, als auch durch Beobachtung seines in einem Quecksilberhorizonte reflectirten Bildes erhalten hat. So fand Bessel (Beobachtungen Vol. VII) durch unmittelbare Beobachtungen von α Urs. min.,

1821		Kreis	Ort des Poles		
April	20 bis 25	West	33°	44′	2.″69
	25 — 35	Ost	323	9	46.21
May	5 — 23	West	33	44	3.22
	25 — 35	Ost	323	9	46.06
Juny	9 — 17	West	33	44	2.98.

Die westlichen Beobachtungen geben im Mittel

$$33^\circ \quad 44' \quad 2.''963,$$

und die östlichen

$$323^\circ \quad 9' \quad 46.''135,$$

und ihre halbe Differenz von 90 abgezogen gibt die Polhöhe

$$= 54^\circ \quad 42' \quad 51.''586.$$

Das Mittel aus mehreren solchen Beobachtungen gab

$$\varphi = 54^\circ \quad 42' \quad 51.''456.$$

Am 3. May wurde derselbe Stern in seiner oberen Culmination bey einer östlichen Lage des Kreises durch Reflexion von dem Quecksilberhorizonte beobachtet. Die durch die Refraction verbesserte Angabe des Kreises war

$$A = 212° \quad 5' \quad 18.''42,$$

die Reduction auf den Anfang des Jahres 1820 ist

$$B = - 19.''40,$$

der Ort des Poles (aus den vorhergehenden directen Beobachtungen)

$$C = 323° \quad 9' \quad 46.''06,$$

also die auf 1820 reducirte Entfernung des reflectirten Bildes von dem Polpuncte oder

C—B—A =	111°	4′	47.″54
scheinbare Poldistanz für 1820	1	39	5.61
	109	25	41.93
Polhöhe	54	42	50.96

Das Mittel aus mehreren solchen reflectirten Beobachtungen gab

$$\varphi = 54° \quad 42' \quad 50.''529.$$

Ähnliche Beobachtungen desselben Sterns in dem Quecksilberhorizonte gaben

	Polhöhe φ	Angabe des Kreises z
Obere Culmination, Kreis Ost	54° 42′ 50.″529	212° 5′
Obere Culmination, Kreis West	54 42 50.986	144 48
Untere Culmination, Kreis Ost	54 42 50.708	215 22
Untere Culmination, Kreis West	54 42 50.907	141 30.

Da der Indexfehler des Kreises nahe 1° 33′ ist, so wird man zu jeder dieser fünf Polhöhen die Correction

$$a \operatorname{Sin}(z + 1° 33') + b \operatorname{Cos}(z + 1° 33')$$

hinzufügen, und dann alle diese verbesserten Polhöhen einander gleich setzen, wodurch man vier Gleichungen erhält, aus welchen man die wahrscheinlichsten Werthe der beyden Grössen a und b durch die bekannte Methode bestimmen wird. Bessel fand am angeführten Orte

$$a = + 1.''16, \text{ und } b = + 0.''20.$$

32. §. Eine andere Methode, die Beugung des Instrumentes zu bestimmen, gründet sich auf die folgende Eigenschaft des Fernrohres. So wie alle Lichtstrahlen, die unter sich parallel das Objectiv treffen, sich in einem Puncte der Ebene, in welcher das Fadennetz stehen soll, vereinigen, eben so müssen auch umgekehrt alle Strahlen, welche in entgegengesetzter Richtung von einem Puncte dieser Ebene ausgehen, und das Objectiv treffen, nach dem Durchgange durch dasselbe unter sich parallel werden, und die von verschiedenen Puncten jener Ebene ausgegangenen Strahlen werden nach dem Durchgange durch das Objectiv genau wieder dieselben Neigungen gegen einander haben, die der Entfernung jener Puncte von einander, wie sie bey dem Gebrauche des Instruments in der Form eines Winkels anzusehen sind, gleich sind. Wenn daher die Ocularseite des Fernrohres gegen den Himmel, oder sonst gegen eine helle Fläche gekehrt ist, so würde ein weitsichtiges Auge durch das Objectiv das Fadennetz deutlich, und unter den gehörigen Winkeln sehen, wenn es für so zarte Gegenstände Empfindlichkeit genug hätte. Was aber dem blossen Auge unmöglich ist, wird durch den Gebrauch eines zweyten Fernrohres möglich, wenn man das Ocular desselben so stellt, dass man dadurch sehr entfernte Gegenstände deutlich sieht. Ist dieses zweyte Fernrohr mit einem Instrumente (wie mit dem Theodoliten) verbunden, durch welches man zugleich horizontale Winkel messen kann, so lassen sich dadurch die Intervalle der senkrechten Fäden (Seite 154) des ersten Fernrohres sehr genau bestimmen, wie zuerst Gauss gezeigt hat (astron. Nach. Vol. II).

Stellt man also zwey mit Fadenkreuzen im Brennpuncte versehene Fernröhre so auf, dass das Fadenkreuz des einen durch das andere gesehen, mit dem Fadenkreuze des letzteren zusammenfällt, so sind die optischen Axen beyder Fernröhre parallel. Wenn man dann das zwischen jenen beyden so aufgestellten Fernröhren stehende Fernrohr des Meridiankreises zuerst nach dem einen, und dann nach dem andern Fadenkreuze richtet, so ist die optische Axe des Meridiankreises in diesen beyden Lagen desselben parallel. Durch dieses Mittel kann man daher das Fernrohr des

Meridiankreises in genau diametral entgegengesetzte Lagen bringen, und wenn bey der Bewegung des Fernrohres von einer Lage in die andere der Kreis desselben nicht genau 180 Grade durchlauft, so ist der Unterschied der Einwirkung der Schwere, der Beugung des Rohres zuzuschreiben, und diese kann daher durch dieses Verfahren bestimmt werden. Zu diesem Zwecke wird man also zuerst die Fadenkreuze der drey Fadenröhre genau in den Brennpunct derselben bringen, und dann die beyden kleineren nördlich und südlich von dem Meridiankreise, nahe in der Höhe des Mittelpunctes des letztern, aufstellen. Dann wird Objectiv und Ocular aus dem mittleren Rohre herausgenommen, so dass man mit dem südlichen, durch die leere Röhre des mittleren, das nördliche Fernrohr sehen kann. In dieser Lage richtet man das Fadenkreuz des südlichen Rohres auf das des nördlichen, setzt dann Objectiv und Ocular wieder in das mittlere Rohr ein, und beobachtet endlich durch Umdrehung des Fernrohres von Süd nach Nord, den Winkel zwischen den beyden äussersten Fadenkreuzen des südlichen und des nördlichen Rohres. Auf diese Art fand Bessel (astron. Beob. Vol. X) im Mittel aus mehreren Messungen den erwähnten Winkel, oder die Summe der Zenithdistanzen der beyden äussersten Fadenkreuze

Kreis Ost $180° + 0.''07$,
Kreis West $180° - 0.''09$,

also die Beugung in den beyden entgegengesetzten horizontalen Bogen des Meridianrohres unmerklich.

I. Wenn man ein Fernrohr mit einer Libelle versieht, und dieses Fernrohr sowohl südlich als nördlich von dem Meridiankreise so aufstellt, dass die Libelle beyde Mahle dieselbe Lage gegen den Horizont anzeigt, so wird die Beobachtung der Zenithdistanz des Fadenkreuzes dieses Fernrohres, in beyden Lagen desselben, den Zenithpunct des Instruments bestimmen. Statt dieser Libelle, durch welche dem Probefernrohre in seinen beyden Lagen eine gleiche Neigung gegen den Horizont gegeben werden soll, hat bekanntlich Cap. Kater ein auf Quecksilber schwimmendes Eisen, an welchem das Probefernrohr befestiget ist, vorgeschlagen.

II. Diese Bestimmung des Zenithpunctes des Meridiankreises wird noch durch das folgende Verfahren Bohnenbergers (astron. Nachr. Vol. IV.) erhalten.

Wenn man ein mit einem Fadenkreuze versehenes Fernrohr (so gestellt, wie es sehr entfernte Objecte erfordern), gegen einen ebenen Spiegel so richtet, dass die optische Axe desselben senkrecht auf den Spiegel steht, so wird das von dem Fadenkreuze ausgehende Licht, nach der Brechung durch das Objectiv, parallel auf den Spiegel fallen, sodann von dem Spiegel wieder parallel zurückgeworfen, und durch das Objectiv zum zweyten Mahle so gebrochen werden, dass es sich in demselben Puncte wieder vereiniget, von welchem es ausgegangen ist. Es wird daher an dem Orte des Fadenkreuzes ein Bild desselben entstehen, welches mit dem Fadenkreuze selbst coincidiren, oder nicht coincidiren wird, je nachdem die optische Axe des Fernrohres auf der Spiegelebene senkrecht oder schief steht. Kann man also das Fadenkreuz sowohl, als sein von dem Spiegel gemachtes Bild, beyde zu gleicher Zeit in dem Fernrohre deutlich sehen, so wird man sie auch, durch eine Bewegung des Fernrohres, auf einander fallen, und daher die Axe des Fernrohres auf die Spiegelebene genau senkrecht stellen können.

Dieses deutliche Sehen der Fäden und ihrer Bilder kann man dadurch erreichen, dass man durch eine in der Ocularröhre gemachte Seitenöffnung, zwischen dem Fadennetze und dem Augendeckel, eine glatte, nicht ganz die Hälfte des Sehfeldes bedeckende Fläche anbringt, welche, durch eben diese Öffnung beleuchtet, das Licht gegen das Objectiv hin reflectirt. Dadurch wird man also das Bild der durch den Illuminator bedeckten Hälfte des Fadens in dem anderen, oder unbedeckten Theil des Sehfeldes auf einem hellen Grunde, und zugleich die andere unbedeckte Hälfte eben dieses Fadens unmittelbar beobachten können. Bewegt man das Fernrohr so, dass jenes Bild auf den direct sichtbaren Theil des Fadens fällt, so steht die optische Axe des Fernrohres in einer Ebene, welche auf der Spiegelfläche und zugleich auf diesem Faden senkrecht ist. Die Öffnung der Pupille verstattet übrigens, auch den anderen, auf den

ersteren senkrechten Faden und sein Bild, und sonach auch den Durchschnitt beyder Fäden zu sehen, und daher auch die Axe des Fernrohres selbst in eine auf die Spiegelebene senkrechte Lage zu bringen.

Wenn man also das Fernrohr nahe senkrecht, das Objectiv abwärts, und unter das Objectiv einen Quecksilberhorizont stellt, so kann man durch die Micrometerschraube, welche das Fernrohr bewegt, den Horizontalfaden mit seinem Bilde genau zur Coincidenz bringen. Passt nicht zu gleicher Zeit auch der Verticalfaden auf sein Bild, so ist entweder die horizontale Drehungsaxe des Fernrohres nicht genau horizontal, oder die Collimation der optischen Axe (Seite 193) ist nicht weggebracht, oder beyde Fehler haben zugleich Statt.

Diese beyden Fehler sollen daher zuerst durch die bereits oben erwähnten Mittel weggebracht werden, obschon das gegenwärtige Verfahren selbst Mittel geben würde, sie wegzuschaffen. Sind also diese beyden Fehler bereits früher verbessert, so wird, wenn der horizontale Faden und sein Bild sich decken, dasselbe auch von dem verticalen Faden und von dem Durchschnitte beyder Fäden gelten, oder die optische Axe des Fernrohres wird genau vertical seyn, und man wird durch das Ablesen der Verniere unmittelbar den Zenithpunct des Kreises, oder den Indexfehler desselben erhalten, und zwar um so genauer, da diese Beobachtung der Coincidenz eine grosse Schärfe verstattet, und da der Fehler durch die Reflexion doppelt grösser erscheint.

Durch dieses Verfahren kann man auch die Horizontalaxe eines Mittagsrohres dem Horizonte genau parallel stellen. Nachdem man nämlich die optische Axe (nach Seite 193) berichtiget hat, stellt man das Fernrohr wie zuvor in eine nahe senkrechte Lage über den unter ihm stehenden Quecksilberhorizont. Fällt der senkrechte Meridianfaden mit seinem Bilde nicht zusammen, so ist die Rotationsaxe des Mittagsrohres nicht horizontal, und man wird daher diese Rotationsaxe durch die Schraube ihres Zapfenlagers auf der einen Seite derselben so lange erhöhen oder erniedrigen, bis der verticale Faden mit seinem Bilde coincidirt, wo

dann die Rotationsaxe horizontal seyn wird. Will man zugleich die optische Axe des Fernrohres berichtigen, so darf man nur das Instrument umhängen, und die eine Hälfte des Fehlers durch die Bewegung der Fäden, die andere aber durch die Bewegung der Rotationsaxe selbst verbessern.

Um diese Methode bequemer und sicherer anzuwenden, kann man noch Folgendes bemerken. Die Öffnung der Ocularröhre wird bey den Ocularen, wo zwey Linsen zwischen den Fäden und dem Auge stehen, zwischen diesen Linsen angebracht. Der Illuminator soll so gestellt werden, dass die Grenzlinie desselben, welche den bedeckten Theil des Sehfeldes von dem offenen trennt, den Winkel der zwey mittleren verticalen und horizontalen Fäden nahe halbirt, weil man dann die Bilder der zwey bedeckten Hälften der Fäden mit gleicher Deutlichkeit, und zugleich die beyden übrigen nicht bedeckten Hälften sehen, und sie sehr genau zur Coincidenz bringen kann. Man wird diesen Illuminator so einrichten lassen, dass er bey den anderen gewöhnlichen Beobachtungen leicht herausgenommen, oder auf die Seite geschoben werden kann. Steht das Fadenkreuz nicht genau in dem Brennpuncte des Objectivs, so kann man die Fäden und ihre Bilder nicht zugleich deutlich sehen, und man wird eine Parallaxe zwischen denselben bemerken, daher auf diesem Wege auch das Fadenkreuz auf den Punct gebracht werden kann, wo es bey der Beobachtung der Gestirne stehen muss. Macht man diese Berichtigungen bey Tage, so muss das Gefäss mit Quecksilber, dessen Stand am Boden fest und gesichert vorausgesetzt wird, mit einer auf ihrer inneren Seite geschwärzten Röhre umgeben seyn, um das Seitenlicht und den Luftzug von dem Quecksilberspiegel abzuhalten. Eine stärkere Beleuchtung dieses Spiegels kann man durch eine in die Seitenöffnung des Oculars gesteckte kleine Röhre mit einer Sammlungslinse, die durch eine Lampe erleuchtet wird, hervorbringen.

33. §. Noch ein anderes und vorzügliches Mittel, den Zenith- oder Nadirpunct des Kreises zu bestimmen, gibt der vom Capitän Kater erfundene Collimator. Er besteht in einem kleinen Fernrohre, welches mit einem Kreuzfaden in seinem Brennpuncte versehen, und nahe senkrecht auf

einen in seiner Mitte durchbrochenen eisernen Teller befestiget ist, so dass das Fernrohr durch diese Öffnung geht. Der Teller wird auf dem in einem Gefässe enthaltenen Quecksilber schwimmend erhalten, und das Rohr so gestellt, dass das Objectiv desselben den höchsten Punct einnimmt, während das Ocular oder vielmehr nach weggenommenem Ocular, die Kreuzfäden desselben mittelst eines Planspiegels durch eine unter jenem Gefässe stehende Lampe erleuchtet werden. Bringt man diese Vorrichtung unter den Mittelpunct des Fernrohres des Meridiankreises, und stellt dieses Fernrohr nahe senkrecht, so dass das Objectiv desselben den tiefsten Punct einnimmt, so sieht man durch das Kreisrohr die Kreuzfäden des Collimators, und kann daher, durch eine kleine Bewegung des Kreisrohres, die Fäden beyder Fernröhre genau auf einander bringen, und die Stellung des Kreisrohres an dem Meridiankreise ablesen. Dreht man dann den Teller des Collimators mit seinem Fernrohre um 180 Grade im Horizonte, und bringt durch eine kleine Bewegung des Kreisrohres die Fäden beyder Fernröhre wieder auf einander, so gibt die halbe Summe der beyden Ablesungen an dem Meridiankreise den gesuchten Nadirpunct dieses Kreises.

Die genäherte verticale Stellung des kleinen Fernrohres des Collimators kann man leicht durch kleine Gewichte erhalten, die man auf verschiedenen Puncten des Tellers auflegt, und auf demselben verschiebt. Statt den erwähnten Kreuzfäden des Collimatorrohres wird man besser zwey an ihren Endpuncten parallele, und in einer Ebene liegende Stahlblättchen anwenden, die etwa die Hälfte des Feldes dieses Fernrohres einnehmen, und deren Schneiden einander genau parallel sind. Zwey Schrauben, deren die eine senkrecht auf das diese Blättchen tragende Diaphragma, und die andere in der Ebene dieses Diaphragmas wirkt, werden dazu dienen, jenen Zwischenraum der Stahlblättchen genau in den Brennpunct des kleinen Fernrohres zu stellen, was zu dem deutlichen Sehen desselben nothwendig ist, und zugleich diesen Zwischenraum der Blättchen mit dem Horizontalfaden des grossen Rohres parallel zu machen. Über das Objectiv des Collimators wird eine breitere

Scheibe von geschwärztem Papier gelegt, die bloss dieses Objectiv frey lässt, und alles fremde Seitenlicht abhält.

Kehrt man bey dem unveränderlich stehenden Collimator, zwischen den beyden Beobachtungen, nicht den Collimator, wie zuvor, sondern das grosse Fernrohr des Kreises, in seinem Lager um, so lässt sich dadurch der Fehler der optischen Axe (Seite 193) dieses Fernrohres bestimmen. Kann man denselben Collimator, das Objectiv desselben gegen die Erde gekehrt, auch über dem Meridiankreise fest stellen, wo dann das Kreisfernrohr in eine senkrechte Lage, das Objectiv nach oben, gebracht wird, so lässt sich dadurch auch der Zenithpunct des Kreises bestimmen, so wie die zwey Horizontalpuncte, wenn das Fernrohr des Collimators auch in einer zu dem schwimmenden Teller parallelen Lage befestiget werden kann, in welchem letzten Falle dann der Collimator in derselben Höhe mit dem Mittelpuncte des Kreisfernrohres, nördlich und südlich von demselben, aufgestellt wird. (M. s. Philos. Transact. for 1828 und Annalen der Wiener Sternwarte Vol. X.)

34. §. Steht das Instrument nicht genau in dem Meridian, so kann man den Unterschied zwischen der Culminationszeit des Gestirns, und der Zeit seines Durchganges durch den Mittelfaden nach dem oben bey dem Mittagsrohre Gesagten finden, und daher die gemessene Zenithdistanz, welche eigentlich die Zenithdistanz des Sterns zur Zeit seines Durchganges durch den Faden ist, nach Band I. Seite 196 auf die Meridianzenithdistanz bringen. Diese Correction wird jedoch meistens unbedeutend seyn, da der Kreis immer schon sehr nahe in den Meridian steht.

Wenn man aber z. B. den Polarstern, von dem man einen grössern Theil seines Parallelkreises in dem Felde des Fernrohres übersehen kann, nicht in dem Durchschnitte des Horizontalfadens mit dem Meridianfaden, sondern in einem anderen Puncte des Horizontalfadens, z. B. bey dem Durchgange des Sterns durch einen Seitenfaden beobachtet, und die Zenithdistanz ablieset, so ist diese abgelesene Zenithdistanz nicht die Zenithdistanz des Sterns zur Zeit der Beobachtung, weil die Gesichtslinie nicht mit der Ebene

des Kreises parallel ist, sondern, da der Horizontalfaden den Bogen eines auf den Meridian senkrechten grössten Kreises vorstellt, die Zenithdistanz ZB (Fig. 4., wo Z zwischen P und B liegt) des Punctes B, in welchem ein durch den Ort A des Sterns zur Zeit der Beobachtung auf den Meridian PZBC senkrechten grössten Kreis den Meridian schneidet. Die gesuchte Meridianzenithdistanz hingegen ist die Zenithdistanz ZC des Punctes C, in welchem der Parallelkreis AC des Sterns den Meridian schneidet.

Sey $z' = ZB$ die gelesene Zenithdistanz, $z = ZC$ die gesuchte Meridianzenithdistanz, $p = PA = PC$ die Poldistanz des Sterns, $p' = PB$, $s = APC$ der Stundenwinkel des Sterns zur Zeit der Beobachtung, so ist

$$z - z' = BC = p - p'.$$

Man hat aber in dem bey B rechtwinkeligen sphärischen Dreyecke

$$\text{tang}\, p' = \text{tang}\, p \,\text{Cos}\, s,$$

woraus folgt

$$p - p' \text{ oder } z - z' = \text{tg}^2 \frac{s}{2} \,\text{Sin}\, 2p - \tfrac{1}{2} \text{tg}^4 \frac{s}{2} \,\text{Sin}\, 4p +$$

oder abkürzend

$$z - z' = \tfrac{1}{4} s^2 \,\text{Sin}\, 2p \,.\, \text{Sin}\, 1''.$$

In diesem Ausdrucke für die gesuchte Reduction wird man für nördliche Zenithdistanzen die Grösse z und z′ negativ setzen, und eben so wird für untere Culminationen die Grösse p negativ seyn.

35. §. Es ereignet sich oft, dass ein Stern nur an einem oder an einigen der verticalen Seitenfäden beobachtet wird, und daher die Reduction auf den Mittelfaden erfordert. Wenn die eigene Bewegung des Gestirns und die Parallaxe desselben beträchtlich ist, wie bey dem Monde, so wird man diese Reduction nicht durch das blosse, nach Seite 154 bekannte Intervall der Fäden vornehmen, sondern auf folgende Art verfahren:

Sey F der Äquatorialabstand eines Seitenfadens von dem mittleren in Sternzeit, $\Delta\alpha$ die in Graden ausgedrückte Bewegung des Mondes in Rectascension während eines mittleren Sonnentages, φ die Polhöhe, ϖ die Horizontalparallaxe, und p, p′ die wahre und scheinbare Poldistanz des Mondes. Man denke sich durch den Mond in dem Augenblick,

wo er den Seitenfaden berührt, also von dem Meridianfaden den senkrechten Abstand 15F hat, einen Verticalkreis gezogen, und bezeichne seine alsdann Statt findende scheinbare Zenithdistanz durch z'. Ferner sey für denjenigen Punct dieses Verticalkreises, der die wahre Zenithdistanz z hat (und der daher den vom Mittelpuncte der Erde aus gesehenen Ort des Gestirns in dem Augenblicke bezeichnet, wo es von der Oberfläche der Erde am Seitenfaden erscheint), der senkrechte Abstand von dem Meridianfaden gleich x, so hat man

$$\text{Sin } 15\,\text{F} : \text{Sin } x = \text{Sin } z' : \text{Sin } z \text{ oder } \text{Sin } x = \text{Sin } 15\,\text{F} \cdot \frac{\text{Sin } z}{\text{Sin } z'}.$$

Bezeichnet man ferner den diesem letzteren Puncte zugehörenden Stundenwinkel durch t, so hat man ebenfalls

$$\text{Sin } x = \text{Sin } t \,\text{Sin } p.$$

Ist endlich Δz die Höhenparallaxe oder $\Delta z = z' - z$, so ist

$$\text{Sin } t = \frac{\text{Sin } 15\,\text{F}}{\text{Sin } p} \cdot \frac{\text{Sin } z}{\text{Sin}(z + \Delta z)} \text{ oder}$$

$$\text{Sin } t = \frac{\text{Sin } 15\,\text{F}}{\text{Sin } p} \cdot \frac{1}{\text{Cos } \Delta z\,(1 - \text{Cotg } z \text{ tg } \Delta z)}.$$

Man hat aber, wie bekannt,

$$\text{tg } \Delta z = \frac{\text{Sin } \varpi \text{ Sin } z}{1 - \text{Sin } \varpi \text{ Cos } z},$$

also auch, wenn man diesen Werth substituirt,

$$\text{Sin } t = \frac{\text{Sin } 15\,\text{F}}{\text{Sin } p} \cdot \frac{1 - \text{Sin } \varpi \text{ Cos } z}{\text{Cos } \Delta z}.$$

Da aber z in dem hier betrachteten Abstande vom Meridian offenbar gleich $\varphi - \delta$ ist, so hat man, wenn man nur die erste Potenz der Parallaxe berücksichtiget, und $\text{Cos } \Delta z = 1$ setzt, weil t und 15 F nur kleine Bogen bezeichnen,

$$t = \frac{15\,\text{F}}{\text{Sin } p}\,(1 - \text{Sin } \varpi \text{ Sin } [p + \varphi]).$$

Es ist aber die Veränderung des Stundenwinkels in einer Secunde Sternzeit gleich $(15 - 0.04155\,\Delta\alpha)$ Secunden, also auch die Anzahl der Sternzeitsecunden, in welcher der Stundenwinkel t beschrieben wird (und den, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, das Gestirn haben muss, um an den Seitenfaden zu erscheinen), gleich

$$N = \frac{t}{15 - 0.04155\,\Delta\alpha} = \frac{\text{F}}{\text{Sin } p} \cdot \frac{1 - \text{Sin } \varpi \text{ Sin } (p + \varphi)}{1 - 0.00277\,\Delta\alpha}.$$

I. Man kann den Ausdruck der Reduction N auch auf folgende Art finden. — Der scheinbare Stundenwinkel des Gestirns, den wir durch t′ bezeichnen wollen, ist offenbar gleich $\frac{15 F}{\sin p'}$. Wenn aber in dem Dreyecke zwischen Pol, Zenith und dem scheinbaren Ort des Gestirns die Polhöhe und das Azimut ungeändert bleibt, so hat man

$$dt' = \frac{\cos\varphi \sin t'}{\sin p' \sin z'} . dz'.$$

In unserem Falle bezeichnet dz′ die Höhenparallaxe, also ist $dz' = -\varpi \sin z'$. Da t′ klein ist, so kann man t′ statt Sin t′ setzen, wodurch man erhält

$$dt' = -\frac{t' \sin\varpi \cos\varphi}{\sin p'}, \text{ also auch}$$

$$t = t' + \Delta t' = \frac{15 F}{\sin p'}\left(1 - \frac{\sin\varpi \cos\varphi}{\sin p'}\right), \text{ und daher wieder}$$

$$N = \frac{F}{\sin p'} . \frac{1 - \sin\varpi \cos\varphi \operatorname{Cosec} p}{1 - 0.00277\, \Delta\, \alpha},$$

welches der gesuchte zweyte Ausdruck von N ist. (M. s. astr. Nachr. N. 52.) Um die Identität beyder Ausdrücke zu zeigen, so kann man, wenn man, wie hier vorausgesetzt wurde, bloss die erste Potenz der Parallaxe berücksichtiget, statt $\sin\varpi \cos\varphi \operatorname{Cosec} p'$ auch $\sin\varpi \cos\varphi \operatorname{Cosec} p$ setzen, und dann hat man, wenn Δp die Parallaxe die Poldistanz bezeichnet,

$$\Delta p = p' - p = -\sin\varpi \cos(p + \varphi)$$

(nach Band I. Seite 97).

$$\frac{1 - \sin\varpi \cos\varphi \operatorname{Cosec} p'}{\sin p'} = \frac{1 - \sin\varpi \cos\varphi \operatorname{Cosec} p}{\sin(p + \Delta p)}$$

$$= \frac{1 - \sin\varpi \cos\varphi \operatorname{Cosec} p}{\sin p\,(1 + \operatorname{Cotg} p \sin \Delta p)}$$

$$= \frac{1 - \sin\varpi \cos\varphi \operatorname{Cosec} q}{\sin p(1 - \operatorname{Cotg} p \sin\varpi \cos[p + \varphi])}$$

$$= \frac{[1 - \sin\varpi \cos\varphi \operatorname{Cosec} p] . [1 + \operatorname{Cotg} p \sin\varpi \cos(p + \varphi)]}{\sin p}$$

$$= \frac{1 - \sin\varpi [\operatorname{Cosec} p \cos\varphi - \operatorname{Cotg} p \cos(p + \varphi)]}{\sin p}$$

$$= \frac{1 - \sin\varpi \sin(p + \varphi)}{\sin p} \text{ wie zuvor.}$$

36. §. Wir wollen nun das Vorzüglichste von demjenigen, was bey dem mechanischen Gebrauche dieses Instruments zu beobachten ist, hier kurz zusammenstellen.

Es ist bereits oben bemerkt worden, dass der eine der beyden verticalen Kreise, die Alhidade, durch eine eigene Klemme an einem der das Instrument tragenden Pfeiler befestiget ist, während der andere mit der horizontalen Drehungsaxe verbunden ist, und mit dem Fernrohre zugleich sich auf- und abbewegt. Auch dieser zweyte Kreis kann durch einen eigenen Hemmungsarm an die Drehungsaxe angedrückt und befestiget werden. Wenn man durch die freye Bewegung des Fernrohres das zu beobachtende Gestirn in das Feld des Fernrohres, und bereits nahe zu dem horizontalen Faden desselben gebracht hat, so wird dieser zweyte Kreis durch jenen Hemmungsarm geschlossen, und die noch übrige Bewegung des Kreises oder des Fernrohres durch die Micrometerschraube dieses Arms ausgeführt, und damit der Stern genau auf den Horizontalfaden, oder besser noch, genau in die Mitte zwischen zwey horizontalen, etwa 8 bis 10 Secunden von einander abstehenden Fäden gebracht.

Die erwähnte Klemme des ersten Kreises aber, oder die Klemme der Alhidade ist bestimmt, diese Alhidade immer in derselben unveränderten Lage zu erhalten. Da dieser Kreis eine eigene, an ihn befestigte Libelle trägt, so wird der unveränderte Stand dieser Libelle auch die Beständigkeit der Lage des Kreises verbürgen. Kleine Abweichungen des Kreises, die sich durch ähnliche kleine Bewegungen der Libelle verrathen, wird man durch eine leichte Rechnung verbessern. Setzt man nämlich voraus, dass für alle Beobachtungen die Blase dieser Libelle genau in der Mitte stehen soll, und bemerkt man, dass bey einer Beobachtung das nördliche Ende der Blase N, das südliche aber S zeigt, so ist die Correction der beobachteten Zenithdistanz $dL = + \frac{1}{2} a (N - S)$, wenn der Kreis auf der Westseite, und $dL = + \frac{1}{2} a (S - N)$, wenn der Kreis auf der Ostseite steht, wo a den Werth eines Theilstriches der Libelle bezeichnet. Wenn mit der Zeit die Blase von der Mitte der Libelle zu sehr abweicht, so wird sie, durch die an der erwähnten Klemme des Alhidadenkreises angebrachte Micrometerschraube wieder gegen

die Mitte der Libelle zurückgeführt. Die Schrauben aber, welche an der Fassung der Libelle selbst angebracht sind, dürfen nur dann berührt werden, wenn wieder eine neue Periode von Beobachtungen mit entgegengesetzten Lagen des Kreises beginnt, weil jede Periode die unveränderliche Verbindung der Libelle mit ihrer Alhidade voraussetzt. Man wird übrigens Sorge tragen, die Meridianeinschnitte immer einige Zeit vor den Beobachtungen zu öffnen, weil sonst das Eindringen der äusseren Luft, die gewöhnlich in ihrer Temperatur von der inneren verschieden ist, auf den Stand der Libelle störend einwirkt. Da endlich die Micrometerschraube der Alhidadenklemme meistens eine beträchtliche Länge hat, so kann man sie, im Anfange einer Beobachtungsperiode, so stellen, dass der Collimationsfehler des Kreises sehr klein ist, oder dass er, wenn das Rohr senkrecht steht, auch sehr nahe die Zenithdistanz Null zeigt, wo dann die Libelle durch die Schrauben ihrer Fassung eingestellt wird, und dann während der ganzen Periode unberührt bleibt. Doch ist es unwesentlich, diesen Collimationsfehler so klein zu machen, da er ohne Nachtheil selbst mehrere Grade betragen kann. Häufig bemerkt man, wenn man das Fernrohr bewegt, auch eine Änderung der Libelle. Diese Erscheinung hat ihren gewöhnlichen Grund in der zu tief liegenden Alhidade, die also, bey dem Umwenden des Instruments, etwas herausgezogen werden muss, wobey man die Alhidade bey entgegengesetztem Speicher so nahe als möglich an dem Mittelpuncte des Kreises umfasst. Jene Änderung kann aber auch von der zu grossen Öffnung der kugelförmigen Mutter am Ende der Klemme der Alhidade kommen, in welcher Mutter die Micrometerschraube lauft, und dann muss sie durch ihr Seitenschräubchen fester angezogen werden.

Bey dem Nivelliren der horizontalen Rotationsaxe durch die Hänglibelle muss der oben erwähnte Hemmungsarm des beweglichen Kreises ausgelöst, und in verkehrter Richtung durch seine Druckschraube wohl befestiget werden, weil man sonst mit den Haken der Libelle nicht zu den stählernen Zapfen der Rotationsaxe gelangen könnte, und weil jener Hemmungsarm, wenn er herabfällt, die Libelle beschädigen würde.

Das Umkehren des Instrumentes, oder das Umwenden des Kreises von Ost gen West geschieht am besten durch Hülfe eines Wagens, der mittels zweyer, an einer vertical auf- und abgehenden starken schraubenförmigen Spindel befestigten Arme die Drehungsaxe des Instruments aus ihren Lagern hebt, und sie in verkehrter Lage wieder sanft in diese Lager zurücklegt. Wenn diese Arme bereits nahe unter der Drehungsaxe stehen, so werden die Pfannendeckel, welche über den Zapfen befestiget sind, geöffnet und weggenommen, und die Rotationsaxe durch Erhebung der Spindel etwas aus ihren Lagern gehoben. Dann werden die Gegengewichte herabgenommen, das Instrument noch weiter gehoben, in den Geleisen des Wagens zurückgezogen, umgekehrt und in der neuen Lage wieder über die Lager zurückgebracht, und durch Senkung der Spindel sanft herabgelassen. Noch ehe die Zapfen ihre Lagen berühren, werden die Gegengewichte wieder eingehängt, dann die Rotationsaxe gänzlich herabgelassen, und die Pfannendeckel wieder aufgeschraubt. Wenn in der neuen Lage des Kreises die Libelle der Alhidade nicht wieder, wie zuvor, nahe einspielt, so wird, durch die Micrometerschraube der Klemme dieser Alhidade die Blase der Libelle wieder nahe in die Mitte gebracht. Vor dem Wiedereinlegen der Axen in ihre Lager wird man die Zapfen derselben, so wie die Lager selbst, vom Staube reinigen, und ihnen etwas Öhl geben. Diese Zapfen sowohl als auch die inneren Axen der beyden Kreise dürfen nie ohne Öhl gehen, weil sie sich sonst zu früh abnützen, aber auch nicht zu viel Öhl haben, sondern nur damit sehr fein bedeckt seyn. Auch dürfen die Kreise nie an den Enden ihrer Speicher, sondern immer nur nahe bey ihren Mittelpuncten ergriffen werden, um alle Biegungen derselben zu vermeiden, wie dann auch die erwähnte Klemme der Alhidade sowohl, als auch der Hemmungsarm des beweglichen Kreises nur auf den Mittelpunct oder vielmehr auf die Axe dieser beyden Kreise wirkt. Der Ort, in welchem die Gegengewichte an ihre Stangen befestiget werden, ist gewöhnlich schon von dem Künstler bemerkt, sonst muss er durch Versuche oder durch Abwägen mittels des feinen Gefühls der Fingerspitzen gesucht werden. Die beyden Za-

pfen der Rotationsaxe z. B. sollen nämlich nur eben noch in ihren Lagern aufliegen, so dass schon die geringste Vermehrung des Gegengewichts sie über diese Lager hebt. Um jeden zu starken Druck des Instruments auf seine Unterlagen zu vermeiden, müssen die Balancirungen eingehängt werden, und bereits ihre Wirkungen äussern, ehe noch die Zapfen ihre Lager berühren. Daher sind auch die kleinen Metallfedern unter den Pfannendeckeln dazu bestimmt, die durch die Gegengewichte sich schon beynahe hebenden Zapfen doch noch in genauer, wiewohl sanfter Berührung mit ihren Lagern zu erhalten. Auch versteht es sich von selbst, dass die Frictionsrollen der Gegengewichte immer genau in die für sie eingedrehten Nuthen der Drehungsaxe gestellt werden müssen.

Die Alhidade, welche durch ihr eigenes Gegengewicht genau balancirt ist, wird durch eine schwache ringförmige Stahlfeder an den, am Ende der metallenen Axe hervorstehenden stählernen Kegel angedrückt, und dadurch immer mit dem beweglichen Kreise in einer concentrischen Lage erhalten. Diese Feder stemmt sich gegen eine runde, mitten durchschnittene, und wieder von einem zweyten Ringe durch sechs Schräubchen zusammengehaltene Platte. Die erstere greift in eine schmale, in die stählerne Axe eingedrehte Nuth, und wird dadurch an ihrer Stelle festgehalten. Da die Feder fortwährend wirkt, so wird durch das Drehen der Axe bey längerem Gebrauche allmählig das Öhl zwischen der Büchse der Alhidade und dem stählernen Kegel verdrängt, und die Bewegung ist nicht mehr so leicht, als zuvor. Man drückt dann einige Mahle die Alhidade behutsam gegen ihre Feder, so dass diese etwas zurückgebogen wird, und dadurch tritt das Öhl zwischen die reibenden Theile, und die Bewegung wird wieder sanft und leicht. Nach Jahre langem Gebrauche aber wird es nöthig, die Alhidade ganz herauszunehmen, Büchse und Kegel zu reinigen, und wieder mit frischem Öhle zu versorgen. Zu diesem Zwecke werden jene sechs Schräubchen, die beyde Ringe zusammenhalten, ausgeschraubt, der erste Ring von der Axe abgezogen, die beyden Hälften des anderen aus ihrer Nuth gedrückt, und die Stahlfeder weggenommen. Dann lässt sich auch der Loupenträger abneh-

men, wodurch zugleich eine runde Platte von der Büchse der Alhidade los wird, an welche eben die Feder andrückt. Die Alhidade kann dann vorsichtig herausgenommen, und um ihren Mittelpunct sowohl, als auch an dem Rande ihrer Peripherie sorgfältig gereiniget werden.

Um die Theilung des Kreises möglichst zu schonen, muss sie öfters von dem sich auflegenden Staube gereiniget werden. Dieses soll nicht durch Leinwand, welche oft Risse auf dem Silber zurücklässt, sondern durch einen weichen Haarpinsel geschehen. Nur wenn der Schmutz schon fester sitzt, wird man ihn durch eine feine, abgetragene und mit Wasser etwas befeuchtete, oder auch bloss angehauchte Leinwand wegzubringen suchen. Wenn dieses Verfahren nicht hinreicht, so müsste die Theilung mit einer feinen, und gut ausgebrannten Kohle von Erlen- oder Lindenholze, die man in Öhl taucht, abgerieben werden. Doch darf diess nur sehr selten, und mit der grössten Vorsicht geschehen, weil unter diesen Kohlen manche noch stark schleifen, und dadurch die Theilung schwächen. Die Kohle muss daher zuvor auf einem andern Silber untersucht werden, ob sie dasselbe nicht angreift oder Risse zurücklässt.

37. §. Noch ist übrig, die Reductionen der an diesem Instrumente gemachten Beobachtungen näher anzugeben. Sie beziehen sich A. auf die Bestimmung der drey vorzüglichsten Fehler des Instrumentes in Rücksicht auf die damit beobachteten Rectascensionen. B. Auf die Angabe der Correction der Uhr. C. Auf die Kenntniss des Polpuncts des Kreises, und endlich D. auf die Reduction der beobachteten Orte der Gestirne auf ihren mittleren Ort für irgend eine gegebene Epoche.

Zu diesem Zwecke wollen wir die folgenden Beobachtungen benützen, welche 1827 den 15. August an dem Meridiankreise in Wien gemacht worden sind.

1827. den 15. August	Uhrzeit. Mittel aus allen Fäden	Mittel aus vier Verniern	Libelle S	Libelle N	Uhrzeit der Beobachtungen ausser dem Meridian	Barometer, innerer und äusserer Thermometer Réaumur
α Urs. min. untere Culmination	12ʰ 59′ 24.″09	316° 37′ 49.″5	10.8	9.0	....	27.ᶻ36 Par.
		51.2	12.1	7.4	53′ 12″	+18.°6
		50.5	11.0	8.0	55 20	+21.°8
		49.7	10.9	9.0	57 19	
		50.0	11.0	8.7	61 34	
		50.2	10.7	8.5	63 37	
		52.5	10.2	8.9	66 33	
α Virginis.........	13 15 52.86	58 27 50.2	10.0	8.1		
α Bootis..........	14 7 33.62	28 8 5.2	9.1	8.0		
α² Librae.........	14 41 7.48	63 31 9.2	9.6	7.9		
α Cor. bor........	15 27 9.45	20 55 7.7	9.7	8.1		
α Serpentis........	15 35 33.23	41 14 22.0	9.7	8.0		27.ᶻ36
α Scorpii..........	16 18 37.88	74 13 5.5	9.6	8.9		+18.°6
ζ Ophiuchi........	16 27 27.07	58 24 48.2	9.5	9.0		+19°.4
η Herculis	16 36 45.73	8 57 58.2	9.8	9.0		
η Ophiuchi........	17 0 16.75	63 42 1.0	10.0	9.4		
α Herculis........	17 6 34.01	33 37 16.5	9.8	9.7		27.ᶻ35
α Ophiuchi........	17 26 42.82	35 31 18.2	10.0	10.0		+18.°5
δ Urs. min........	18 27 53.06	321 39 5.2	10.1	10.9	....	+18°.2
		0.5	10.0	11.1	22 2	
		4.2	10.0	11.1	25 1	27.ᶻ35
		4.2	10.0	11.0	30 52	+18°.0
		1.2	10.0	10.9	33 47	+16°.5

I. Um aus diesen durch die unmittelbaren Beobachtungen gegebenen Grössen die drey Fehler (Seite 189) des Instruments in Beziehung auf die Rectascensionen zu finden, so wird zuerst der Fehler c der optischen Axe durch die Culmination des Polarsterns in den zwey entgegengesetzten Lagen des Kreises gefunden, nach dem Ausdrucke (Seite 194)

$$c = \frac{\theta' - \theta + (b' - b)\, n}{2} \operatorname{Cos} \delta,$$

wo die Grössen θ, b, n... die dort angeführte Bedeutung haben. So wurde z. B. am 18. April 1829 der Kreis umgelegt, und durch den Polarstern gefunden

$$\theta = 0^h\, 59'\, 55.''37, \text{ und } \theta' = 1^h\, 0'\, 2.''47.$$

Durch die Nivellirung mit der Hänglibelle erhielt man vor der Umwendung $b = 0.''254$, und nach derselben $b' = +0.''223$; ferner ist $n = \operatorname{Cos}(\varphi - \delta) \operatorname{Sec} \delta$, also auch $c = \frac{1}{2}(7.10 - 0.031\, n) \operatorname{Cos} \delta$, oder da $\delta = 88°\, 23'\, 47''$ ist, $c = \pm 0.''0847$, das obere Zeichen, wo der Kreis auf der Westseite steht. Will man alle Beobachtungen von der täglichen Aberration (I. Band Seite 80) befreyen, so hat man, da dieselbe für Wien gleich $-0.''0139$ im Äquator beträgt,

$$c = +0.071 \text{ Kreis West, und}$$
$$c = -0.099 \text{ Kreis Ost.}$$

Die Neigung b der Rotationsaxe gegen den Horizont wird durch die Hänglibelle nach der Gleichung

$$b = \frac{k}{60}[(W + W') - (O + O')]$$

in Zeit bestimmt,

wo $k = 0.''636$, also $\frac{k}{60} = 0.0106$ ist.

Sind so b und c bekannt, so findet man das Azimut a des Fernrohres durch den Ausdruck (Seite 192)

$$a = \frac{(\alpha - t) - (\alpha' - t') + b' n' - b n + c \operatorname{Sec} \delta' - c \operatorname{Sec} \delta}{m - m'},$$

wo wieder

$$n = \operatorname{Cos}(\varphi - \delta) \operatorname{Sec} \delta, \text{ und } m = \operatorname{Sin}(\varphi - \delta) \operatorname{Sec} \delta \text{ ist},$$

und wo für obere Culminationen α und δ die Rectascension und Declination, für untere Culminationen aber die um 12^h vermehrte Rectascension, und das Complement der Declination des beobachteten Sterns zu 180° bezeichnet.

Für unseren Beobachtungstag, den 15. August 1829, ist für

α Urs. min. $t = 12^h 59' 24.''09$, scheinbar $\alpha = 0^h 59' 40.''48$
δ Urs. min. $t' = 18\ 27\ 53.06$ $\alpha' = 18\ 28\ 5.35.$

Ferner wurde durch die Hänglibelle gefunden

$b = b' = -0.''235$, und es war
$c = +0.''071$,

da der Kreis auf der Westseite stand, also ist auch

$(\alpha - t) - (\alpha' - t') = 4.10$, und
$b(n' - n) = -9.17$,
$c(\mathrm{Sec}\,\delta' - \mathrm{Sec}\,\delta) = -3.71$, und
$m - m' = 34.85$, also auch

$$a = \frac{4.10 - 9.17 - 3.71}{34.85} = -0.''252.$$

II. Nachdem wir so die drey Fehler a, b, c des Instruments für diesen Tag kennen gelernt haben, werden wir die Correction x der Uhr gegen Sternzeit durch den Ausdruck (Seite 194) erhalten,

$$x = \alpha - t - a\,m - b\,n - c\,\mathrm{Sec}\,\delta.$$

So hat man

	α Virginis	α Bootis	α^2 Librae
t - - - -	$13^h\ 15'\ 52.''86$	$14^h\ 7'\ 53.''62$	$14^h\ 41'\ 7.''48$
α - - - -	13 16 7.53	14 7 48.18	14 41 22.06
$\alpha - t$ - - - -	14.67	14.56	14.58
a m - - - -	− 0.22	− 0.13	− 0.23
b n - - - -	− 0.12	− 0.22	− 0.11
c Sec δ - - - -	− 0.07	− 0.08	− 0.07
x - - - -	+ 15.08	+ 14.99	+ 14.99

Eben so gibt

	α	x
α Cor. bor.	$15^h\ 27'\ 23.''98$	$+ 14.''96$
α Serpentis	15 35 47.74	+ 14.94
α Scorpii	16 18 52.45	+ 14.99
α Herculis	17 6 48.66	+ 15.06
α Ophiuchi	17 26 57.44	+ 15.04.

Im Mittel aus allen acht Bestimmungen erhält man die Correction der Uhr gegen Sternzeit $x = +15.''006$ um $15^h\ 30'$ Uhrzeit die Uhr zu wenig. Da ferner den 13. August um $14^h\ 38'$ Uhrzeit aus ähnlichen Beobachtungen die Cor-

rection der Uhr $x = +14.''652$ gefunden wurde, so ist die tägliche Retardation der Uhr $0.''173$.

III. Wenn man aus den beobachteten Meridianhöhen der Sterne unmittelbar ihre Poldistanzen sucht, so muss der Polpunct des Instruments bestimmt werden. Man wählt dazu die beyden Polarsterne, die man, der grösseren Sicherheit wegen, auch ausser der Mitte des Feldes, oder ausser dem Meridian beobachtet. Um diese beobachteten Zenithdistanzen auf den Meridian zu reduciren, hat man, wenn s den Stundenwinkel der Beobachtung bezeichnet, für die Polhöhe Wiens (I. Band Seite 197)

für α Urs. min.

Reduction $= -0.''0288$ M obere Culmination,
$+0.0270$ M untere Culmination,

für δ Urs. min.

Reduction $= -0.0639$ M obere Culmination,
$+0.0559$ M untere Culmination,

$$\text{wo } M = \frac{2 \operatorname{Sin}^2 \frac{s}{2}}{\operatorname{Sin} 1''}.$$

Sind die Höhen beobachtet worden, so werden die Zeichen dieser Ausdrücke geändert.

Die Correction der fixen Libelle der Alhidade endlich (nach §. 36.) da der Werth eines Theilstriches $a = 1.''070$ ist

$dL = 0.''535\,(N - S)$, wenn der Kreis westlich steht, und
$dL = 0.''535\,(S - N)$, wenn der Kreis östlich steht.

Für unseren Beobachtungstag hat man, da α Urs. min. um $13^h\ 59'\ 25''$ Uhrzeit culminirte,

Mittel der Verniere 316° 37′	Correction der Libelle dL	Uhrzeit 13^h	Reduction auf den Meridian	Meridianhöhe 316° 37′
49.″5	—1.″0	59′ 25″	0.″0	48.″5
51.2	—2.6	53 12	—2.1	46.5
50.5;	—1.7	55 20	—0.8	48.0
49.7	—1.1	57 19	—0.2	48.4
50.0	—1.3	61 34	—0.2	48.5
50.2	—1.2	63 37	—0.9	48.1
52.5	—0.7	66 33	—2.7	49.1

Im Mittel aus allen sieben Beobachtungen ist also die Meridianhöhe

$$h = 316^\circ\ 37'\ 48.''16.$$

Ist dann r die wahre Refraction, und p die scheinbare Poldistanz des Sterns, so ist der Instrumentalpolpunct Π,

Kreis West $\Pi = h - r - p$ in der oberen Culmination,

$\Pi = h - r + p$ in der unteren Culmination,

Kreis Ost $\Pi = h + r + p$ in der oberen Culmination,

$\Pi = h + r - p$ in der unteren Culmination.

Es war aber Barometer 27.36 Pariser Zoll; inneres Thermometer = 18.°6, und äusseres = 21.°8 Réaumur, also ist $r = 50.''20$. Ferner ist die scheinbare Poldistanz des Polarsternes für den Beobachtungstag

$$p = 1^\circ\ 36'\ 50.''51,$$

und daher

$$\Pi = 316^\circ\ 37'\ 48.''16 - 50.''20 + 1^\circ\ 36'\ 50.''51, \text{ oder}$$
$$\Pi = 318^\circ\ 13'\ 48.''47.$$

Mehrere ähnliche Bestimmungen werden im Mittel diesen Werth von Π mit grösserer Genauigkeit geben.

Nennt man dann m das durch die Libelle verbesserte Mittel der vier gelesenen Verniere eines der beobachteten Sterne, und r die wahre Refraction, so erhält man die scheinbare Poldistanz p dieses Sterns durch die Ausdrücke:

Kreis Ost, südlicher Meridian

$p = \Pi - m + r$,

Kreis Ost, nördlicher Meridian

$p = \Pi - m - r$ obere Culmination,

$p = m - \Pi + r$ untere Culmination,

Kreis West, südlicher Meridian

$p = m - \Pi + r$,

Kreis West, nördlicher Meridian

$p = m - \Pi - r$ obere Culmination,

$p = \Pi - m + r$ untere Culmination.

Endlich findet man noch die scheinbare Zenithdistanz z zur Bestimmung des Logarithmus der mittleren Refraction durch die Gleichung

südlicher Meridian $z = p' - \psi$,

nördlicher Meridian $z = \psi - p'$ obere Culmination,

$z = \psi + p'$ untere Culmination,

in welchen Ausdrücken $p' = \Pi - m$, oder $p' = m - \Pi$ die von der Refraction afficirte Poldistanz des Sterns, und ψ die Äquatorhöhe bezeichnet.

IV. Um endlich noch zu zeigen, wie man die so aus den Beobachtungen abgeleitete scheinbare Rectascension und Poldistanz eines Sterns auf den mittleren Ort desselben für irgend eine Epoche bringt, wollen wir η Ophiuchi auf seinen mittleren Ort für den Anfang des Jahres 1828 reduciren.

Es war der reducirte Mittelfaden $t = 17 \; 0' \; 16.''75$, und das durch die Libelle verbesserte Mittel der Verniere $m = 63° \; 42 \; 0.''7$; Barometer $= 27.35$; inneres Thermometer $18.°5$, und äusseres $+ 18.°2$ Réaumur. Man hat daher nach der Gleichung

$$\alpha = t + x + a\,m + b\,n + c \operatorname{Sec} \delta,$$

$$\alpha = 17^h \; 0' \; 16.''75 + 15.''02 - 0.''24 - 0.''11 - 0.''07,$$

oder die scheinbare Rectascension

$$\alpha = 17^h \; 0' \; 31.''35.$$

Da der Polpunct im Mittel der Beobachtungen vom 8. bis 15. August,

$$\Pi = 318° \; 13' \; 46.''7$$

ist, so hat man

$$p' = 105° \; 28' \; 14.''0, \text{ und}$$

$$z = 63° \; 40' \; 49.''0.$$

Mit dieser Zenithdistanz findet man

log r' =	2.0823, und n = 1.009
Barometer	9.9898
innerer Thermometer	9.9982
äusserer Thermometer	— 0.0349
log r =	2.0354
r =	1' 48.''5.

Daher ist die scheinbare Poldistanz

$$p = m - \Pi + r, \text{ oder}$$

$$p = 63° \; 42' \; 0.''7 - 318° \; 13' \; 46.''7 + 1' \; 48.''5, \text{ d. h.},$$

$$p = 105° \; 30' \; 2.''5.$$

Um endlich diesen scheinbaren Ort auf den mittleren Ort für 1828.00 zu bringen, wird man ihm die Präcession, die Nutation und die Aberration (nach I. Seite 88) mit verkehrten Zeichen hinzusetzen. Bequemer findet man diese drey Correctionen nach den Tafeln der Annalen der Wiener

Sternwarte Band VIII. Seite 82. Es ist nämlich $\odot = 141.°8$, und Ω ☾ $= 219.°2$, also auch

	α			p		
	17^h	$0'$	$31.''35$	$105°$	$30'$	$2.''5$
Präcession		+	1.30		+	1.9
Aberration		—	0.67		+	1.3
Nutation		—	0.76		+	5.7
	$\alpha_{,} = 17$	0	31.23	$p_{,} = 105$	30	11.4

wo $\alpha_{,}$ und $p_{,}$ die gesuchte mittlere Rectascension und Poldistanz von η Ophiuchi für 1828.00 sind. Eben so findet man

	ε Ophiuchi			η Herculis		
Mittel der Fäden	16^h	$27'$	$27.''07$	16^h	$36'$	$45.''72$
Correction der Uhr		+	15.02		+	15.01
Correction des Instr.		—	0.38		—	0.34
Präcession		+	1.24		+	0.78
Aberration		—	0.48		—	0.62
Nutation		—	0.73		—	0.31
	$\alpha_{,} = 16$	17	41.74	$\alpha_{,} = 16$	37	0.24
Beobachtete Poldistanz	$100°$	$11'$	$1.''2$	$50°$	$44'$	$11.''1$
Refraction		+	27.0		+	8.7
Präcession		+	2.8		+	2.7
Aberration		+	2.7		+	16.0
Nutation		+	4.8		+	5.0
	$p_{,} = 100$	12	38.5	$p_{,} = 50$	44	43.5

38. §. Da endlich alle mit dem Meridiankreise gemachten Beobachtungen von der Refraction befreyt werden müssen, und da die Correction der Refraction von dem Stande des Barometers und Thermometers zur Zeit der Beobachtungen abhängt, so werden zum Schlusse dieses Gegenstandes noch einige Bemerkungen über diese beyden meteorologischen Instrumente nicht überflüssig seyn.

Nimmt man an, dass das nach den bekannten Vorschriften richtig verfertigte Thermometer eine Scale von Metall hat, deren Längen bey den Temperaturen des Eis- und Siedepunctes $1 : 1 + \alpha$ sind, dass die Dichten des Quecksilbers bey denselben Temperaturen das Verhältniss $1 + \beta : 1$ haben, und ist b die abgelesene Barometerhöhe in einem

Masse, dessen Einheit k Pariser Linien beträgt, und t und t′ die Temperatur des Quecksilbers und der Scale (oder t die Höhe des äusseren, und t′ die des inneren, an den Barometer befestigten Thermometers), und ist endlich τ die Temperatur, bey welcher die Scale des Barometers ihre wahre Länge erhält, alle drey vom Gefrierpuncte an gerechnet, so ist das wahre Pariser Maass der abgelesenen Höhe des Barometers gleich (Bessel astr. Beob. Vol. XII)

$$\frac{k\,b\,(n + t'.\alpha)}{n + \tau.\alpha},$$

wo n = 80, 180 oder 100 für das Thermometer von Réaumur, Fahrenheit oder für das Thermometer centigrad ist, und wo daher vorausgesetzt wird, dass beyde Thermometer denselben Werth von n haben. Daraus folgt, dass die auf die Dichte des Quecksilbers bey dem Eispuncte reducirte Barometerhöhe im Pariser Maasse gleich ist

$$b' = \frac{k\,b\,(n + t'\alpha)}{n + \tau.\alpha} \cdot \frac{n}{n + t.\beta} \quad \text{oder}$$

$$b' = \frac{k\,b\,n}{n + \tau\alpha} \cdot \frac{n + t\alpha}{n + t\beta} \cdot \left(1 + \frac{(t' - t)\,\alpha}{n + t\alpha}\right).$$

I. Da ferner die inneren Thermometerröhren nur selten, oder nie in allen ihren Theilen gleich weit sind, so ist es nothwendig, auf die daraus entspringende Verbesserung Rücksicht zu nehmen. Heisst man φx die Verbesserung der Thermometerhöhe für jeden Punct x derselben, so muss φx so bestimmt werden, dass für jeden in der Röhre befindlichen Quecksilberfaden, dessen oberer und unterer Endpunct auf x und x′ fällt, die Grösse

$$(x' + \varphi x') - (x + \varphi x)$$

unveränderlich ist, an welche Stelle der Röhre auch der Quecksilberfaden gebracht werden mag. Hat man dieses erlangt, so ist

$$(b + \varphi b) - (a + \varphi a) : 80 = (x + \varphi x) - (a + \varphi a) : F,$$

wo a und b die Puncte der Scale sind, auf welche der Eis- und Siedepunct fallen, und wo F den wahren Grad des Réaumur'schen Thermometers bezeichnet, welcher dem Puncte x der Scale entspricht. Für das Fahrenheit'sche Thermometer wird diese Gleichung

$$(b + \varphi b) - (a + \varphi a) : 180 = (x + \varphi x) - (a + \varphi a) : f - 32 \text{ u. f.}$$

Um φ x zu finden, kann man durch Schütteln oder über einer Lichtflamme ein Stück des Quecksilberfadens von etwa 20 Grad Réaumur abtrennen, und den unteren Endpunct x′ dieses Stückes nach und nach auf jeden fünften Grad der Scale bringen, und dabey den jedesmahligen Ort x des oberen Endpunctes anmerken, ein Verfahren, das man mit mehreren andern in ihrer Länge verschiedenen Stücken des Quecksilberfadens wiederholen wird. Auf diese Weise fand Bessel (astronomische Beobachtungen Vol. VII) für ein Fahrenheit'sches Thermometer

x′	x	x	x	x
0	69.75	81.5	91.4	99.7
20	89.85	101.25	111.3	119.6
40	109.75	121.3	131.2	139.5
60	129.5	141.1	151.1	159.3
80	149.5	161.2	171.0	179.3
100	169.6	181.1	191.0	199.3
120	189.6	201.1	211.0	.....

Um daraus die oben durch φ x bezeichnete Verbesserung zu finden, kann man die Längen der verschiedenen Fäden so annehmen, wie sie in dem Theile der Röhre erscheinen, welcher der Scale am nächsten entspricht, welches hier der obere Theil der Röhre ist. Nimmt man also für jeden Faden diejenige Länge als die wahre an, welche das Mittel aus allen zwischen 80 und 120 gemachten Ablesungen gibt, so kann man dadurch die niedrigeren Puncte der Scale durch die höheren bestimmen. Von den auf diese Weise bereits näherungsweise berichtigten unteren Puncten kann man dann wieder zu den oberen übergehen, wodurch auch diese näherungsweise berichtiget werden. Unter Anwendung der so gefundenen Verbesserungen wird dann die Bestimmung der Längen der Fäden, so wie die ganze vorige Rechnung wiederholt, wodurch man eine zweyte Annäherung erhält u. s. w.

Auf diese Weise fand man folgende Werthe von φx

x	φx
0	+0.35
10	+0.28
20	+0.31
30	+0.35
40	+0.26
.	
.	
.	
180	−0.02
190	0.00
200	+0.03
210	+0.07

Der Eispunct des Thermometers wurde durch Einsenkung in zerstossenes Eis im Mittel aus mehreren Versuchen gleich $32.^\circ 53$, und der Siedpunct (für den Barometerstand von 0.76 Meter) gleich 212.71 gefunden. Daraus und aus der letzten kleinen Tafel für φx folgt

$$a + \varphi a = 32.^\circ 53 + 0.33 = 32.^\circ 86, \text{ und}$$
$$b + \varphi b = 212.71 + 0.08 = 212.^\circ 79.$$

Man hat daher aus den letzten der oben angeführten Proportionen

$$f - 32 = \frac{180}{179.93}(x + \varphi x - 32.86), \text{ oder}$$

$$f = -0.^\circ 873 + \frac{180}{179.93}(x + \varphi x),$$

oder endlich annähernd

$$f = 0.997\,x - 0.^\circ 538.$$

Äquatorial.

39. §. Wenn man einen, dem im Anfange des §. 26 beschriebenen ähnlichen Kreis so aufstellt, dass die früher auf dem Horizonte senkrechte Rotationsaxe jetzt auf dem Äquator senkrecht steht, so entsteht ein Äquatorial. In dieser Lage ist die Rotationsaxe mit der Erdaxe, und der frühere Azimutalkreis mit dem Äquator parallel, so wie der zweyte der Axe parallele, und um diese Axe rotirende Kreis den Declinationskreisen derjenigen Sterne parallel ist, die durch seine Ebene gehen. Dann wird das mit dem letzten Kreise sich parallel bewegende Fernrohr die Declination des beobachteten Sterns geben, und die an der Rotationsaxe befestigte Alhidade wird auf dem Äquator- oder Stundenkreis den Stundenwinkel des beobachteten Sterns anzeigen.

Welches auch immer die nähere Einrichtung dieses Instrumentes seyn mag, so muss man doch vor dem Gebrauche desselben auf folgende Correctionen vorzüglich Rücksicht nehmen. 1) Soll die Rotationsaxe in der Ebene des Meridians liegen, und 2) mit dem Horizonte einen der Polhöhe des Beobachtungsortes gleichen Winkel bilden. 3) Soll der Declinationskreis mit der Rotationsaxe, und 4) die optische Axe des Fernrohres mit der Ebene des Declinationskreises parallel seyn. Andere Forderungen, wie z. B. die senkrechte Stellung des Stundenkreises auf die Rotationsaxe u. f. werden gewöhnlich schon von den Künstlern durch die dazu geeigneten Mittel hergestellt, daher sie hier als bereits erfüllt vorausgesetzt werden.

Den dritten und vierten Fehler wird man am bequemsten wegbringen, oder doch sehr klein machen, wenn man die Axe des Instruments durch irgend eine Vorrichtung vertical stellt, und dann den dritten Fehler durch die Hänglibelle (wie Seite 199), und den vierten durch Umkehrung des Instruments im Horizonte (wie Seite 193) verbessert. Durch dieses Verfahren erhält man auch zugleich den Zenithpunct des Declinationskreises, und wenn man davon die Äquatorhöhe des Beobachtungsortes subtrahirt, den Polpunct dieses Kreises. Um dann auch die beyden ersten Fehler zu verkleinern, wird man die Rotationsaxe wieder

in ihre, der Weltaxe nur nahe parallele Lage, zurück, und den Declinationskreis in eine auf den Horizont senkrechte Lage bringen. Das letzte kann man durch die so eben erwähnte Hänglibelle erreichen, durch welche die Axe des Declinationskreises horizontal, also die schon von dem Künstler darauf senkrecht gesetzte Ebene des Declinationskreises selbst vertical wird. Auch lässt sich zu demselben Zwecke ein benachbarter hoher terrestrischer Gegenstand benützen, an welchem man durch einen Theodoliten oder durch irgend einen Höhenkreis zwey Puncte bestimmt hat, die in derselben Verticalebene liegen, oder endlich auch zwey in der Höhe sehr verschiedene Sterne, von denen man die Zeiten kennt, wann sie durch denselben Verticalkreis gehen, oder dasselbe Azimut haben.

Ist so der Verticalkreis in eine gegen den Horizont senkrechte Lage gebracht, so wird man durch horizontale Verschiebung des einen Endpunctes der Rotationsaxe zur Zeit der Culmination des Polarsterns das Fernrohr genau auf diesen Stern bringen, und die Rotationsaxe wird in der Ebene des Meridians liegen. Da man aber aus dem Vorhergehenden bereits den Zenithpunct des Declinationskreises, der jetzt der Polpunct desselben ist, kennt, so wird man das bereits in der Ebene des Meridians liegende Fernrohr auf die bekannte, durch die Refraction verbesserte Declination des Polarsterns stellen, und dann durch eine verticale Bewegung des einen Endpunctes der Rotationsaxe den Durchschnitt der Kreuzfäden des Fernrohrs wieder auf den culminirenden Stern bringen, wodurch die Rotationsaxe in der Ebene des Meridians der Weltaxe parallel gestellt wird.

40. §. Nach dieser vorläufigen Aufstellung wird man nun die noch übrig bleibenden kleinen Fehler durch unmittelbare Beobachtungen genauer bestimmen, und sie entweder noch mehr vermindern, oder bey künftigen Beobachtungen in Rechnung nehmen.

Sey P (Fig. 22) der Nordpol des Äquators, und Z das Zenith, also PZ der Meridian. Sey ferner Π der Instrumentalpol, oder der Punct des Himmels, der von der verlängerten Rotationsaxe des Instruments getroffen wird. Der Ort des Instrumentalpoles gegen den Weltpol werde durch die

zwey Grössen $MP\Pi = \varphi$ und $P\Pi = \lambda$ gegeben, wo λ als eine kleine Grösse vorausgesetzt wird. Ist s der wahre Stundenwinkel, und p die wahre Poldistanz des beobachteten Gestirns, und ist σ und π der an dem Instrumente abgelesene Stundenwinkel und Poldistanz, so ist, wenn S den beobachteten Stern bezeichnet, $PS = p$, $\Pi S = \pi$, $NPS = s - \varphi$ und $N\Pi S = \sigma - \varphi$.

Dieses vorausgesetzt, gibt das Dreyeck $P\Pi S$ die folgenden Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \text{Sin}(s-\varphi)\,\text{Sin}\,p &= \text{Sin}(\sigma-\varphi)\,\text{Sin}\,\pi, \\ \text{Cos}(\sigma-\varphi)\,\text{Sin}\,p &= \text{Cos}(\sigma-\varphi)\,\text{Sin}\,\pi\,\text{Cos}\,\lambda + \text{Cos}\,\pi\,\text{Sin}\,\lambda, \\ \text{Cos}\,p &= -\text{Cos}(\sigma-\varphi)\,\text{Sin}\,\pi\,\text{Sin}\,\lambda + \text{Cos}\,\pi\,\text{Cos}\,\lambda, \end{aligned}\right\}$$

und eben so

$$\left.\begin{aligned} \text{Sin}(\sigma-\varphi)\,\text{Sin}\,\pi &= \text{Sin}(s-\varphi)\,\text{Sin}\,p, \\ \text{Cos}(\sigma-\varphi)\,\text{Sin}\,\pi &= \text{Cos}(s-\varphi)\,\text{Sin}\,p\,\text{Cos}\,\lambda - \text{Cos}\,p\,\text{Sin}\,\lambda, \\ \text{Cos}\,\pi &= \text{Cos}(s-\varphi)\,\text{Sin}\,p\,\text{Sin}\,\lambda + \text{Cos}\,p\,\text{Cos}\,\lambda. \end{aligned}\right\}$$

Aus jedem dieser zwey Systeme von Gleichungen findet man, wenn man λ klein annimmt,

$$\begin{aligned} s &= \sigma + \lambda\,\text{Sin}(\varphi - s)\,\text{Cotg}\,p = \sigma + \lambda\,\text{Sin}(\varphi-\sigma)\,\text{Cotg}\,\pi, \\ p &= \pi + \lambda\,\text{Cos}(\varphi - s) \qquad\qquad = \pi + \lambda\,\text{Cos}(\varphi - \sigma). \end{aligned}$$

Nennt man also die Fehler der Verniere, des Stundenkreises $\Delta\sigma$, und des Declinationskreises $\Delta\pi$, so hat man

$$\left.\begin{aligned} s &= \sigma + \Delta\sigma + \lambda\,\text{Sin}(\varphi - s)\,\text{Cotg}\,p \\ p &= \pi + \Delta\pi + \lambda\,\text{Cos}(\varphi - s) \end{aligned}\right\}\ldots(\text{I}),$$

und eben so für eine zweyte Beobachtung desselben Sterns,

$$\left.\begin{aligned} s' &= \sigma' + \Delta\sigma + \lambda\,\text{Sin}(\varphi - s')\,\text{Cotg}\,p \\ p' &= \pi' + \Delta\pi + \lambda\,\text{Cos}(\varphi - s') \end{aligned}\right\}\ldots(\text{II}).$$

In diesen vier Gleichungen I und II bezeichnen s, p und s', p′ die durch die Refraction veränderten Stundenwinkel und Poldistanzen des Sterns. Da sie nur die vier unbekannten Grössen φ, λ, $\Delta\sigma$ und $\Delta\pi$ enthalten, so wird man aus ihnen diese Grössen bestimmen können. Setzt man nämlich

$$\Sigma = (s'-s) - (\sigma' - \sigma) \text{ und } \Pi = (p'-p) - (\pi' - \pi),$$

so erhält man φ aus

$$\text{tang}\left[\varphi - \tfrac{1}{2}(s'+s)\right] = -\frac{\Pi}{\Sigma}\,\text{Cotg}\,p$$

und dann λ aus

$$\lambda = \frac{\frac{1}{2}\Pi}{\text{Sin}\left[\varphi - \frac{1}{2}(s'+s)\right]\text{Sin}\,\frac{1}{2}(s'-s)} \quad \ldots(\text{III}).$$

Kennt man so die beyden Grössen φ und λ, so findet man die Fehler $\Delta\sigma$ und $\Delta\pi$ der beyden Verniere aus

$$\Delta\sigma = s - [\text{gelesenes } \sigma + \lambda \operatorname{Sin}(\varphi - s) \operatorname{Cotg} p]$$
$$\Delta\pi = p - [\text{gelesenes } \pi + \lambda \operatorname{Cos}(\varphi - s)].$$

Hat man endlich diese vier Fehler φ, λ, $\Delta\sigma$ und $\Delta\pi$ gefunden, so erhält man für jede folgende Beobachtung den wahren Stundenwinkel s, und die wahre Poldistanz p des Sterns durch die Gleichungen (I).

I. Will man aber diese Fehler φ und λ noch weiter durch mechanische Hülfsmittel vermindern, so sey der aus Π auf den Meridian senkrecht gefällte Bogen $\Pi A = y$ und $PA = x$, und man hat

$$\left.\begin{aligned}\operatorname{tang} x &= \operatorname{tang} \lambda \operatorname{Cos} \varphi \\ \operatorname{Sin} y &= \operatorname{Sin} \lambda \operatorname{Sin} \varphi\end{aligned}\right\}$$

oder da λ nur klein ist,

$$\left.\begin{aligned}x &= \lambda \operatorname{Cos} \varphi \\ y &= \lambda \operatorname{Sin} \varphi\end{aligned}\right\}$$

und man wird das eine Ende der Rotationsaxe in verticaler Richtung um x, und in horizontaler um y verändern, um den Punct Π auf P zu bringen.

II. Differentiirt man die Gleichungen (I) oder (II), so erhält man

$$d\lambda = - d\pi \operatorname{Cos}(\varphi - s) - d\sigma \operatorname{Sin}(\varphi - s) \operatorname{tang} p$$

$$d\varphi = \frac{d\pi}{\lambda} \operatorname{Sin}(\varphi - s) - \frac{d\varsigma}{\lambda} \operatorname{Cos}(\varphi - s) \operatorname{tg} p.$$

Differentiirt man aber die Gleichungen (III) in Beziehung auf φ, λ, σ und π, so erhält man, wenn man der Kürze wegen $\psi = \varphi - \frac{1}{2}(s' + s)$ setzt,

$$d\varphi = \left[\frac{(d\sigma' - d\sigma)}{\Sigma} - \frac{(d\pi' - d\pi)}{\Pi}\right] \operatorname{Sin}\psi \operatorname{Cos}\psi, \text{ oder}$$

$$d\varphi = -\frac{(d\sigma' - d\sigma)}{\Pi} \operatorname{Sin}^2\psi \operatorname{tg} p + \frac{(d\pi' - d\pi)}{\Sigma} \operatorname{Cos}^2\psi \operatorname{Cotg} p, \text{ und}$$

$$d\lambda = -\lambda \frac{(d\sigma' - d\sigma)}{\Sigma} \operatorname{Cos}^2\psi - \lambda \frac{(d\pi' - d\pi)}{\Pi} \operatorname{Sin}^2\psi.$$

III. Die Refraction endlich, welche an den scheinbaren Orten s, p und s' p′ der Tafeln angebracht werden muss, findet man auf folgende Art:

Ist r die der Zenithdistanz z entsprechende Refraction, und tg ψ = Cos s Cotg Polhöhe,

$$\text{tg}\,\omega = \frac{\text{Sin}\,\psi\,\text{tang}\,s}{\text{Sin}\,(p-\psi)},\ \text{so ist}$$

$$\text{Sin}\,z = \frac{\text{Sin}\,s\ \text{Cos Polhöhe}}{\text{Sin}\,\omega},\ \text{und man hat}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{sch. Stundenw.} = \text{wah. Stundenw.} - \dfrac{r\,\text{Sin}\,\omega}{\text{Sin}\,p} \\ \text{sch. Poldistanz} = \text{wah. Poldist.} - r\,\text{Cos}\,\omega\end{array}\right\},$$

wo der Winkel ω im III. und IV. Quadranten von s negativ ist. Wenn der Stern nicht zu nahe an dem Horizonte steht, so wird man statt den vorhergehenden Ausdrücken folgende genäherte einfachere brauchen (Seite 168)

$$\left.\begin{array}{l}\text{sch. Stundw.} = \text{wah. Stundw.} - \dfrac{57''\,\text{tg}\,s\,\text{Sin}\,\psi}{\text{Sin}\,p\,\text{Cos}\,(p-\psi)} \\ \text{sch. Pold.} = \text{wah. Pold.} - 57''\,\text{tg}\,(p-\psi)\end{array}\right\}.$$

Durch die Refraction wird der Stundenwinkel der Sterne immer vermindert im I. und II., und vermehrt im III. und IV. Quadranten von s. Die Poldistanz aber wird durch die Refraction immer vermindert, wenn p grösser ist als die Äquatorhöhe. Ist aber p kleiner, als die Äquatorhöhe, so wird durch die Refraction die Poldistanz nur vermindert, wenn s zwischen 90° und 270° liegt, sonst aber vermehrt.

Ex. Den 11. August 1829 wurden an dem grossen Äquatorial der Wiener Sternwarte folgende Beobachtungen des Polarsterns gemacht:

Nro.	Sternzeit	σ	π	Barometer und Thermometer	Verbindung der Beobachtungen	φ	λ
I	3^h 8′ 9.″0	30° 3′ 48″	1° 37′ 32″	27.65 +16.3 +12.0	I u. II	280° 31′	8.″9
II	6 37 41.0	82 9 36	1 37 0	27.64 +15.9 +14.5	I u. III	289 30	9.6
III	11 7 7.0	149 40 36	1 36 12	27.66 +18.0 +14.0	II u. III	296 14	10.6

wo die scheinbare Position des Polarsterns aus Schumachers Hülfstafeln genommen wurde.

41. §. Bisher wurde auf die im §. 39 erwähnten zwey letzten Fehler noch keine Rücksicht genommen. Ist aber μ die Neigung des Declinationskreises gegen die Polaraxe des Instruments, und ν die Neigung der optischen Axe des Fernrohres gegen die Ebene des Declinationskreises, so wird, so lange man bloss bey den ersten Potenzen dieser Fehler stehen bleibt, der vorhergehende Werth von p ungeändert bleiben, während man dem Werthe von s wegen dem ersten Fehler noch die Grösse $\mu \operatorname{Cotg} p$, und wegen dem zweyten Fehler, wie bey dem Mittagsrohre, die Grösse $\frac{\nu}{\operatorname{Sin} p}$ hinzufügen wird, so dass daher die vollständigen Ausdrücke, mit Rücksicht auf alle sechs Fehler des Instruments, folgende sind:

$$\left.\begin{array}{l} s=\sigma+\Delta\sigma+\lambda \operatorname{Sin}(\varphi-s)\operatorname{Cotg} p+\mu \operatorname{Cotg} p+\nu \operatorname{Cosec} p \\ p=\pi+\Delta\pi+\lambda \operatorname{Cos}(\varphi-s) \end{array}\right\} \ldots \text{(IV)}.$$

I. Zur Bestimmung der Grösse ν hat man für einen dem Äquator sehr nahen Stern (vergl. Kreil's Abhandl. i. d. Annalen der W. Sternwarte B. X.)

$$s=\sigma+\Delta\sigma+\nu \operatorname{Cosec} p,$$

und wenn man ihn, immer in der Nähe des Meridians, auch mit verkehrter Lage des Declinationskreises beobachtet,

$$s'=\sigma'+\Delta\sigma-\nu \operatorname{Cosec} p.$$

Die Differenz beyder Ausdrücke gibt

$$\nu=\frac{(s-\sigma)-(s'-\sigma')}{2} \operatorname{Sin} p.$$

Sind aber t, t' die Sternzeiten der Beobachtungen, und ist α die Rectascension des Sterns, so hat man

$$s=t-\alpha, \text{ und } s'=t'-\alpha,$$

also auch

$$\nu=\frac{(t-\sigma)-(t'-\sigma')}{2} \operatorname{Sin} p.$$

Dieser einfache Ausdruck kann ohne Rücksicht auf Refraction oder auf die Correction der Uhr, und ohne Reduction auf den Meridian gebraucht werden, wenn der Stern nur nahe bey dem Äquator steht. Selbst die Position des Sterns ist entbehrlich, da p nahe genug durch das Instrument selbst gegeben wird.

So wurde den 24. August 1829 gefunden:

	Kreis West	Kreis Ost
Uhrzeit	$17^h\ 42'\ 56.''25$	$17^h\ 48'\ 58.''49$
σ	$178°\ 30'\ 50''$	$0°\ 1'\ 24''$
π	$89°\ 17'\ 48''$	

woraus folgt $\nu = + 0.''75$.

Eben so gab ein anderer Stern den 27. August

Uhrzeit	$19^h\ 9'\ 59.''28$	$19^h\ 14'\ 36.''02$
σ	$182°\ 4'\ 53''$	$2°\ 59'\ 5''$
π	$90°\ 30\ 36''$	

woraus folgt $\nu = + 0.''45$.

II. Zur Bestimmung der Grösse μ gibt die erste der Gleichungen (IV), wenn man denselben Stern in zwey schnell auf einander folgenden Beobachtungen, bey entgegengesetzten Lagen des Declinationskreises, durchgehen lässt,

$$s = \sigma + \Delta\sigma + \lambda \operatorname{Cotg} p \operatorname{Sin}(\varphi - s) + \mu \operatorname{Cotg} p + \nu \operatorname{Cosec} p \text{ und}$$
$$s' = \sigma' + \Delta\sigma + \lambda \operatorname{Cotg} p \operatorname{Sin}(\varphi - s) - \mu \operatorname{Cotg} p - \nu \operatorname{Cosec} p,$$

woraus man erhält

$$\mu \operatorname{Cotg} p + \nu \operatorname{Cosec} p = \frac{(s-s')-(\sigma-\sigma')}{2} = \frac{(t-t')-(\sigma-\sigma')}{2} = m$$

wo t t′ wieder die Uhrzeiten der Beobachtungen sind.

Da sonach m und (aus I) die Grösse ν bekannt ist, so hat man $\mu = \frac{m \operatorname{Sin} p - \nu}{\operatorname{Cos} p}$, woraus folgt, dass man zur Bestimmung der Grösse μ einen dem Pole nahen Stern wählen soll.

Folgende Beobachtungen des Polarsterns setzen $\nu = 0.''75$ und die scheinbare Poldistanz gleich $1°\ 36'\ 14''$ voraus.

			Uhrzeit	σ	Werth von μ
I.	Kreis	W	$12^h 30'\ 15.''0$	$172°\ 2'\ 18''$	$+ 1.''86$
II.	-	O	34 20.5	353 6 36	
III.	-	O	36 14.5	353 35 19	$+ 1.12$
IV.	-	W	39 44.0	174 24 39	
V.	-	W	41 21.5	174 49 56	$+ 1.55.$
VI.	-	O	43 44.3	355 28 26	

42. §. Kennt man aber μ und ν, so wird man jetzt die Grössen λ und φ genau bestimmen können. Setzt man nämlich für die erste Beobachtung eines Sterns

$$\mu \operatorname{Cotg} p + \nu \operatorname{Cosec} p = n,$$

und für die zweyte Beobachtung desselben Sterns

$$\mu \,\mathrm{Cotg}\, p' + \nu \,\mathrm{Cosec}\, p' = n',$$

so hat man (wie in §. 40)

$$\mathrm{tg}\,[\varphi - \tfrac{1}{2}(s' - s)] = - \frac{\Pi \,\mathrm{Cotg}\, p}{\Sigma}, \text{ und}$$

$$\lambda = \frac{\frac{1}{2}\Pi}{\mathrm{Sin}\,[\varphi - \frac{1}{2}(s' + s)]\,\mathrm{Sin}\,\frac{s' - s}{2}} = - \frac{\frac{1}{2}\Sigma}{\mathrm{Cos}\,[\varphi - \frac{1}{2}(s' + s)]\,\mathrm{Sin}\,\frac{s' - s}{2}},$$

wo $\Sigma = (s' - s) - (\sigma' - \sigma) - (n' - n)$, und
$\Pi = (p' - p) - (\pi' - \pi)$ ist.

I. Man kann aber auch die Grössen λ und φ, unabhängig von μ und ν, auf folgende Weise finden. Beobachtet man einen Stern in dem Stundenwinkel s, und gleich darauf auch mit verkehrter Lage des Instruments, so hat man für die erste Beobachtung

$$p = \pi + \varDelta\pi + \lambda \,\mathrm{Cos}\,(\varphi - s) \,..\, (A),$$

für die zweyte

$$p = \pi' - \varDelta\pi + \lambda \,\mathrm{Cos}\,(\varphi - s) \,..\, (B).$$

Endlich gibt noch die Beobachtung eines zweyten Sterns nahe in dem Stundenwinkel $360 - s$

$$p'' = \pi'' + \varDelta\pi + \lambda \,\mathrm{Cos}\,(\varphi - (360 - s)), \text{ oder}$$
$$p'' = \pi'' + \varDelta\pi + \lambda \,\mathrm{Cos}\,(\varphi + s) \,..\, (C).$$

Von diesen drey Gleichungen gibt A und C

$$p - p'' = \pi - \pi'' + 2\lambda \,\mathrm{Sin}\,\varphi \,\mathrm{Sin}\, s.$$

Eben so gibt B und C

$$p + p'' = \pi' + \pi'' + 2\lambda \,\mathrm{Cos}\,\varphi \,\mathrm{Cos}\, s.$$

Man hat daher

$$\lambda \,\mathrm{Sin}\,\varphi = \frac{(p - p'') - (\pi - \pi'')}{2 \,\mathrm{Sin}\, s}, \text{ und}$$

$$\lambda \,\mathrm{Cos}\,\varphi = \frac{(p + p'') - (\pi + \pi'')}{2 \,\mathrm{Cos}\, s},$$

woraus sofort λ und φ folgt. Man sieht, dass man den Stundenwinkel s in der Nähe von 45° wählen soll. Noch geben die Gleichungen I und II $\varDelta\pi = \frac{\pi' - \pi}{2}$.

II. Kennt man so die Grössen φ, λ, μ und ν, so erhält man aus jeder einzelnen Beobachtung eines Sterns auch die

Werthe der beyden letzten Fehler $\Delta\sigma$ und $\Delta\pi$ unmittelbar durch die Gleichungen (IV). Auch lassen sich diese Grössen $\Delta\sigma$ und $\Delta\pi$ noch auf folgende Art bestimmen. Beobachtet man einen Stern vor seiner Culmination in dem Stundenwinkel $360 - \sigma$, und nach seiner Culmination mit umgewendetem Declinationskreise in dem Stundenwinkel σ', wo σ' nahe gleich $360 - \sigma$ vorausgesetzt wird, so gibt die erste der Gleichungen (IV) folgende Ausdrücke:

$$360 - s = 360 - \sigma + \Delta\sigma + \lambda \,\mathrm{Cotg\,p\,Sin}\,(\varphi - (360 - s)) + \mu \,\mathrm{Cotg\,p} + \nu \,\mathrm{Cosec\,p}, \text{ und}$$

$$s' = \sigma' + \Delta\sigma + \lambda \,\mathrm{Cotg\,p\,Sin}\,(\varphi - s) - \mu \,\mathrm{Cotg\,p} - \nu \,\mathrm{Cosec\,p}.$$

Die Summe dieser beyden Gleichungen gibt

$$s' - s = \sigma' - \sigma + 2\Delta\sigma + \lambda \,\mathrm{Cotg\,p}\,[\mathrm{Sin}\,(\varphi + s) + \mathrm{Sin}\,(\varphi - s)],$$

oder

$$\Delta\sigma = \frac{(s' - s) - (\sigma' - \sigma)}{2} - \lambda \,\mathrm{Cotg\,p\,Sin}\,\varphi \,\mathrm{Cos}\,s,$$

oder endlich, wenn t′ und t die Sternzeiten der Beobachtung sind,

$$\Delta\sigma = \frac{(t' - t) - (\sigma' - \sigma)}{2} - \lambda \,\mathrm{Cotg\,p\,Sin}\,\varphi \,\mathrm{Cos}\,s.$$

Für einen dem Äquator nahen Stern, oder auch, wenn man den Stern zu beyden Seiten des Meridians nahe in den Stundenwinkeln von $\pm 90°$ beobachtet hat, geht diese Gleichung in folgende einfachere über,

$$\Delta\sigma = \frac{(t' - t) - (\sigma' - \sigma)}{2}.$$

Eben so, wenn man denselben Stern oder auch zwey verschiedene Sterne in den Stundenwinkeln $360 - s$ und s 50 beobachtet hat, dass $\Delta\pi$ für beyde Beobachtungen sein Zeichen nicht ändert, so gibt die zweyte der Gleichungen (IV)

$$\mathrm{p} = \pi + \Delta\pi + \lambda \,\mathrm{Cos}\,(\varphi + s), \text{ und}$$
$$\mathrm{p}' = \pi' + \Delta\pi + \lambda \,\mathrm{Cos}\,(\varphi - s),$$

woraus folgt

$$\Delta\pi = \frac{(\mathrm{p} + \mathrm{p}') - (\pi + \pi')}{2} - \lambda \,\mathrm{Cos}\,\varphi \,\mathrm{Cos}\,s.$$

Ist also s nahe an 90° oder 270°, so hat man

$$\Delta\pi = \frac{(p+p')+(\pi+\pi')}{2}.$$

Da endlich $\Delta\pi$ das Zeichen ändert, wenn man denselben Stern unmittelbar nach einander mit umgewendetem Declinationskreis beobachtet, so hat man auch

$$p = \pi + \Delta\pi + \lambda \operatorname{Cos}(\varphi - s) \text{ und}$$
$$p = \pi' - \Delta\pi + \lambda \operatorname{Cos}(\varphi - s),$$

woraus folgt

$$\Delta\pi = \frac{\pi' - \pi}{2}.$$

Ex. α Canis minoris.

	Sternzeit	σ	Lage des Kreises
I.	$7^h\,21'\,21.''19$	$357^\circ\,21'\,48''$	O
II.	7 24 37.48	178 10 50	W
III.	7 44 13.18	183 4 39	W
IV.	7 46 58.30	3 45 56	O

Von diesen Beobachtungen gibt

I. und III. $\Delta\sigma = 0.''30$ Zeit.

II. und IV. $\Delta\sigma = 0.''24$

δ Ursae minoris.

	Sternzeit	π	Lage des Kreises
I.	$18^h\,15'\,12''$	$176^\circ\,34'\,54''$	W
II.	18 19 21	3 25 18	O
III.	18 22 59	176 34 52	W
IV.	18 25 57	3 25 20	O

Von diesen Beobachtungen gibt

I. und II. $\Delta\pi = 6.''0$

II. und III. $\Delta\pi = 5.''0$

III. und IV. $\Delta\pi = 6.''0$.

43. §. Wir wollen nun noch durch ein Beyspiel zeigen, wie die Beobachtungen an diesem Instrumente zur Bestimmung eines unbekannten Sterns aus einem bekannten zu berechnen sind. Wir wählen dazu folgende, am 24. August 1829 in Wien angestellten Beobachtungen:

	α Coronae bor.	2 α Capricorni
Sternzeit d. Beob. t	$17^h\,7'\,27.''49$	$t' = 18^h\,36'\,30.''90$
Geles. σ	$24^\circ\,59'\,34.''0$	$\sigma' = 336^\circ\,59'\,4.''0$
Geles. π	62 41 0.0	$\pi' = 103\;1\;16.0$

Aus vorhergehenden Bestimmungen wurde gefunden

$\varphi = 291^\circ\, 36'$, $\lambda = 9.''9$, $\mu = 1.''51$ und $\nu = 0.''75$.

Die scheinbaren Positionen dieser Sterne, von welchen wir den ersten als bekannt, und den zweyten als unbekannt annehmen wollen, sind

scheinb. Rectasc. $A = 15^h\, 27'\, 28.''30$ $A' = 20^h\, 8'\, 36.''99$
scheinb. Poldist. $P = 62^\circ\, 42'\, 4.''34$ $P' = 103^\circ\, 3'\, 48.''39$.

Zur Berechnung der Refraction hat man für α Coronae nach den abgekürzten Formeln

$s = t -$ sch. Rect. $= 24^\circ\, 59'$, $\psi = 39^\circ\, 1'$, $d\sigma = +\, 20.''56$, $d\pi = +\, 25.''00$.

Für $2\,\alpha$ Capricorni aber hat man nach den genauen Ausdrücken

$s = 336^\circ\, 58'$, $\psi = 39^\circ\, 26'$, $\omega = 16^\circ\, 46'$, $z = 64^\circ\, 41'$,

und da Barometer $= 27.40$ Pariser Zoll, inneres Thermometer $= +\, 14.^\circ 0$, und äusseres Thermometer $= +\, 14.^\circ 0$ R. war, so ist die Refraction $r = 115.''8$, und daher $d\sigma' = -\, 34.''30$, und $d\pi' = +\, 110.''91$. Wir haben also

σ ohne Refract.	$24^\circ\, 59'\, 54.''56$	$\sigma' = 336^\circ\, 56'\, 29.''70$
$\lambda \sin(\varphi - s) \operatorname{Cotg} p$	-5.10	$+1.63$
$\mu \operatorname{Cotg} p$	$+0.78$	-0.35
$\nu \operatorname{Cosec} p$	$+0.84$	$+0.77$
	$s = 24\ 59\ 51.08$	$s' = 336\ 58\ 31.75$
		$s = 24\ 59\ 51.08$

$$s' - s = \left\{ \begin{matrix} 311^\circ\, 58'\, 40.''67 \\ 20^h\, 47'\, 54.''71 \end{matrix} \right\} = (t' - t) - (A' - A)$$

Es war $t' - t =$	$1^h\, 29\ \ 3.41$
also ist $A' - A =$	$4\ 41\ \ 8.70$
gegebenes $A =$	$15\ 27\ 28.30$
gesuchtes $A' =$	$20^h\ 8'\, 37.''00$
zu gross um	$0.''01$

Eben so hat man für die Poldistanz

π ohne Refract.	$62^\circ\, 41'\, 25.''00$	$\pi' = 103^\circ\ 3'\ 6.''91$
$\lambda \operatorname{Cos}(\varphi - s)$	-0.59	$+6.96$
	$p = 62\ 41\ 24.41$	$p' = 103\ 3\ 13\ 87$
		$p = 62\ 41\ 24.41$
		$p' - p = 40\ 21\ 49.46 = P' - P$
		gegeb. P.. $62\ 42\ \ 4.34 = P$
		gesuchtes P'. $103^\circ\ 3'\, 53.''8''$
		zu gross um 5.410

Eben so hat man an demselben Tage beobachtet

α Herculis	2 α Capricorni
$t = 17^h\, 12'\ 1.''83$	$t' = 18^h\, 36'\ 30.''90$
$\sigma = 1^\circ\, 17'\ 8.''0$	$\sigma' = 336\ 59\ 4.0$
$\pi = 75\ 22\ 56.0$	$\pi' = 103\ 1\ 16.0$

Die Refractionen sind für α Herculis

$$d\sigma = +1.''06,\ d\pi = +37.''89,$$

und für 2 α Capricorni, wie zuvor

$$d\sigma' = -34.''30 \text{ und } d\pi' = +110.''91.$$

Es sind daher die von der Refraction befreyten

$\sigma = 1^\circ\, 17'\ 9.''06$	$\sigma' = 336^\circ\, 58'\ 29.''70$
$\pi = 75\ 23\ 33.89$	$\pi' = 103\ 3\ 6.91;$

und man hat für die Rectascensionen

$\sigma' - \sigma =$	$335^\circ\, 41'\ 20.''64$
I. Corr. wegen λ	+4.05
II. - - μ	−0.74
III. - - ν	0.00
$s' - s =$	$335^\circ\, 41'\ 23.''95 = (t' - t) - (A' - A)$
in Zeit	$22^h\, 22'\ 45.''59$
$t' - t =$	1 24 29.07
$A' - A =$	$3^h\ 1'\ 43.''48$
gegeb. $A =$	17 6 53.39
gesuchtes $A' =$	$20^h\ 8'\ 36.''87$
zu klein um	$0.''12$

und eben so für die Poldistanz

$\pi' - \pi =$	$27^\circ\, 39'\ 33.''02$
Corr. wegen λ	+3.52
$P' - P =$	27 39 36.54
gegeb. $P =$	75 24 14.08
gesuchtes $P' =$	$103^\circ\ 3'\ 50.62$
zu gross um	$23.''2.$

Theodolit.

44. §. Diese Instrumente bestehen gewöhnlich aus zwey concentrischen horizontalen Kreisen, von denen der innere zwey senkrechte Säulen trägt, an deren obersten Enden ein kleines, mit einem Verticalkreise versehenes Passage-Instrument mit seinen horizontalen Axen aufruht.

Man befestiget den Vernier des inneren Kreises auf einem willkührlichen Theilstrich des äusseren, und bewegt beyde Kreise sammt dem Fernrohre, bis der zu beobachtende Gegenstand in dem Fadenkreuze des Fernrohres erscheint. Dann befestiget man den äussern Kreis an das Gestelle des Instruments, und rotirt den gelösten inneren Kreis, bis das auf die gehörige Höhe gestellte Fernrohr auch den zweyten zu messenden Gegenstand trifft. Der Winkel, welchen der Vernier des inneren Kreises an dem äusseren Kreise durchlaufen hat, ist der Winkel, welchen beyde Gegenstände in dem Auge des Beobachters bilden, auf den Horizont reducirt.

Es ist für sich klar, dass man nach geendeter zweyter Beobachtung, wo der innere Kreis, wie zuvor, durch seine Druckschraube mit dem äusseren verbunden ist, wieder beyde Kreise zugleich drehen kann, bis das Rohr wieder den ersten Gegenstand trifft, wo man dann, nachdem bloss der innere Kreis gelöset wird, das Rohr wieder auf den zweyten Gegenstand zurückführen, und so die Beobachtung des gesuchten Winkels, so oft als man will, wiederholen kann. Um sich während der Bewegung dieser Kreise von der unverrückten Lage des ganzen Instruments zu versichern, dient ein unter diesen Kreisen angebrachtes Versicherungsrohr.

Die Rectificationen dieses Instruments, mit welchem man nicht bloss Distanzen, sondern auch Azimute und Höhen beobachten kann, sind kürzlich folgende.

Man stellt die Axe des Fernrohres parallel mit zwey Fussschrauben, und corrigirt bey der jedesmahligen Umdrehung des Kreises um 180° die eine dieser beyden Fussschrauben so lange, bis dasselbe Ende der auf diese Axe

gestellten Libelle in beyden Lagen des Instruments denselben Punct zeigt. Ist a dieser Punct in der ersten, und b in der zweyten Lage, so wird in der zweyten Lage die Libelle durch die erwähnte Fussschraube auf $\frac{1}{2}(a+b)$ gebracht. Dann wird die Axe des Fernrohres in eine auf die vorige senkrechte Lage gebracht, und durch die d r i t t e Fussschraube die Libelle auf denselben Punct zurückgeführt. Zeigt dann die Libelle in allen Lagen der Axe denselben Punct, so wird die verticale Hauptdrehungsaxe des ganzen Instruments auf den Horizont genau senkrecht seyn.

Um nun auch die Drehungsaxe des Fernrohres genau horizontal zu machen, wird, bey ruhig stehenden Kreisen, dieselbe Libelle wechselsweise auf diese Axe gestellt, so dass dasselbe Ende der Libelle in der einen Lage östlich, und in der anderen westlich stehe. Zeigt sie in der ersten Lage a, und in der zweyten b, so wird das eine Ende der Axe durch ihre Schraube so lange erhöht oder erniedrigt, bis die Libelle in der zweyten Lage $\frac{1}{2}(a+b)$ zeigt. Hat man es so dahin gebracht, dass die Libelle in ihren beyden Lagen immer denselben Punct zeigt, so ist die Axe des Fernrohres horizontal.

Um die optische Axe des Fernrohres auf die horizontale Drehungsaxe desselben senkrecht zu stellen, richte man das Fadenkreuz auf ein scharf begrenztes Object, kehre dann die Drehungsaxe des Fernrohres in ihren Pfannen um, so dass ihr östliches Ende westlich werde, und wenn in dieser zweyten Lage des Rohres der verticale Faden das Object nicht wieder trifft, so wird man die H ä l f t e der bemerkten Abweichung durch die Schraube verbessern, welche das Fadennetz in horizontaler Richtung bewegt. Steht endlich der verticale Faden in beyden Lagen des Fernrohres genau auf demselben Objecte, so ist die optische Axe des Fernrohres auf der Drehungsaxe desselben senkrecht. — Die übrigen Correctionen der Fäden sind dieselben, welche wir schon oben (Seite 154) erwähnt haben.

Um endlich auch den Vernier des Verticalkreises zu untersuchen, bringe man den horizontalen Faden des Fernrohres auf ein scharf begrenztes Object, und lese den Verticalkreis ab. Dann hebe man das Fernrohr mit seiner

Drehungsaxe aus seinen Lagern, und bringe es in verkehrter Stellung wieder in diese Lager zurück. Dadurch wird das Objectiv des Fernrohres, welches vorhin von dem Beobachter weggewendet war, jetzt auf die Seite des Beobachters gebracht, während der Höhenkreis oder sein Vernier unverändert an derselben Stelle bleibt. Dann dreht man das Fernrohr oder den horizontalen Kreis des Instruments um 180 Grade im Horizonte, bringt den horizontalen Faden des Fernrohres wieder auf das Object, und lieset den Verticalkreis ab. Der Unterschied der beyden Lesungen des Verticalkreises gibt die doppelte Zenithdistanz des Objectes, also auch ihre Hälfte die wahre Zenithdistanz desselben, die dann, mit den gemachten Ablesungen verglichen, den Zenithpunct des Verticalkreises oder denjenigen Punct desselben gibt, von welchem aus man alle Zenithdistanzen zählen soll.

45. §. Wenn man auf diese Weise die gegenseitige Zenithdistanz zweyer Signale messen will, so muss man auf die Erhöhung der Signalspitzen über den horizontalen Boden, so wie auf den Stand des Instruments in beyden Beobachtungen Rücksicht nehmen. Ist D die Distanz der beyden Signale, und a die Höhe des beobachteten Signalpunctes über dem Boden, und z die beobachtete, z′ die corrigirte Zenithdistanz des Fusspunctes des Signals, so ist

$$z' = z + \frac{a}{D \operatorname{Sin} 1''}.$$

Ist a′ die Höhe des Instruments über dem Boden der Beobachtungsstation, so ist die von dem Fusspuncte beobachtete Zenithdistanz

$$z' = z - \frac{a'}{D \operatorname{Sin} 1''}.$$

Ist endlich a″ die Höhe des Signals an dem Beobachtungsorte über dem Instrumente, so ist die von der Signalspitze des Beobachtungsortes gesehene Zenithdistanz des beobachteten Signals

$$z' = z + \frac{a''}{D \operatorname{Sin} 1''}.$$

Ist man gehindert, das Instrument in dem Mittelpuncte, oder genau unter dem Mittelpuncte C (Fig. 23) des

Signals an dem Beobachtungsorte aufzustellen, und muss man z. B. das Instrument seitwärts nach O stellen, so beobachtet man zwischen den beyden Objecten A und B den Winkel $AOB = O$ statt dem wahren $ACB = C$. Sey

$$BOC = x,\ OC = r \text{ und } AC = R,\ BC = L, \text{ so ist}$$

$$C = O + CAO - CBO.$$

$$\text{Aber } CAO = \frac{r}{R} \operatorname{Sin} AOC,$$

$$\text{und } CBO = \frac{r}{L} \operatorname{Sin} BOC,$$

also ist auch der gesuchte verbesserte Winkel

$$C = O + \frac{r \,.\, \operatorname{Sin}(O + x)}{R \operatorname{Sin} 1''} \quad \frac{r}{L \operatorname{Sin} 1''} \,.\, \operatorname{Sin} x,$$

wo R und L die Entfernungen der rechts und links von dem Beobachter stehenden Signale A und B von dem Beobachter in O oder C sind.

Sind endlich die horizontalen Kreise des Instruments dem Horizont nicht genau parallel gestellt worden, und ist der in dieser fehlerhaften Stellung des Instruments gemessene Winkel zweyer Gegenstände gleich A, und sind $90 + \alpha$ und $90 + \beta$ die Zenithdistanzen der beyden Signale, so hat man für den verbesserten Winkel A′ derselben die Gleichung

$$\operatorname{Cos} A' = \frac{\operatorname{Cos} A - \operatorname{Sin} \alpha \operatorname{Sin} \beta}{\operatorname{Cos} \alpha \operatorname{Cos} \beta},$$

oder wenn α und β nur kleine Grössen sind,

$$A' - A = p^2 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} A - q^2 \operatorname{Cotg} \tfrac{1}{2} A,$$

$$\text{wo } p = \tfrac{1}{2}(\alpha + \beta) \operatorname{Sin} 1'', \text{ und } q = \tfrac{1}{2}(\alpha - \beta) \operatorname{Sin} 1'' \text{ ist.}$$

ASTRONOMISCHE TAFELN.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Sie enthält die geographische Länge und Breite der vorzüglichsten Städte der Erde, die erste in Beziehung auf den Meridian von der königl. Sternwarte in Paris. Die von Paris westlich liegenden Orte sind durch W bezeichnet, und zählen in demselben Augenblicke um ihre Meridiandifferenz weniger als Paris, während die östlichen oder unbezeichneten Orte um ihre Meridiandifferenz mehr zählen. So zählt Philadelphia $-5^h 10' 7''$ oder $18^h 49' 53''$ vor Mittag, und Petersburg $+1^h 51' 56''$ nach Mittag oder Abends in dem Augenblicke, in welchem Paris $0^h 0' 0''$ oder Mittag zählt. Die südlichen Breiten oder Polhöhen sind durch S bezeichnet: alle unbezeichneten haben eine nördliche Breite, oder liegen auf der Nordseite des Äquators.

Tafel II.

Bey jedem Orte dieser Tafel steht der Logarithmus der Zahl, die anzeigt, wie viel der an diesem Orte gebräuchliche Fuss Pariser Linien hat. Diese Pariser Linien sind von der bekannten Toise du Pérou, die Bouguer bey seinen Vermessungen in Amerika brauchte, und deren Etalon in Paris aufbewahrt wird, bey einer Temperatur von $+13°$ Réaum. genommen. Sie enthält 144 Pariser Linien, und eben so enthält z. B. nach der Tafel der Wiener Fuss 140.13 Pariser Linien, da $\log 140.13 = 2.146531$ ist.

Um eine gegebene Anzahl Fusse eines Ortes in die entsprechende Anzahl Fusse eines anderen Ortes zu verwandeln, wird man so verfahren. Sey z. B. L die Zahl des Logarithmus der Tafel bey London, und W die Zahl des Logarithmus bey Wien, so multiplicirt man die gegebene An-

zahl der Londner Fusse durch $\frac{L}{W}$, um Wiener Fusse zu erhalten, oder man multiplicirt die gegebene Anzahl der Wiener Fusse durch $\frac{W}{L}$, um Londner Fusse zu erhalten. Sind z. B. 24 Londner Fusse gegeben, so hat man

$$\log 24 = 1.3802112$$
$$\log \frac{L}{W} = 9.9841242$$
$$1.3643354 = \log 23.13851,$$

oder 24 Londner Fuss machen 23.13851 Wiener Fuss.

Sind 30.75 Meter gegeben, und sucht man die entsprechende Anzahl Pariser Fusse, so ist

$$\log 30.75 = 1.4878451$$
$$\log \frac{M}{P} = 0.4883313$$
$$1.9761764 = \log 94.66214,$$

oder 30.75 Meter machen 94.66214 Par. Fuss.

Der provisorische Meter wird jetzt nicht mehr gebraucht, kömmt aber in früheren Schriften, z. B. in Laplace's Méc. cél. vor.

So wie also ein Londner Fuss gleich $\frac{L}{W}$ Wiener Fuss ist, so ist auch ein Londner Quadratfuss gleich $\left(\frac{L}{W}\right)^2$ Wiener Quadratfuss, und ein Londner Kubikfuss gleich $\left(\frac{L}{W}\right)^3$ Wiener Kubikf. Eben so ist ein Quadratmeter gleich $\left(\frac{M}{P}\right)^2$ Pariser Quadratfuss u. s. w.

Weiter ist ein Myriameter gleich 10000 Meter

Kilometer	-	1000
Hectometer	-	100
Decameter	-	10
Decimeter	-	$\frac{1}{10}$
Centimeter	-	$\frac{1}{100}$
Millimeter	-	$\frac{1}{1000}$.

Um endlich noch die gebräuchlichsten Masse bequem in einander zu verwandeln, hat man

1 Meter = 3.078444 Par. F.		1 Par. F. = 0.324839 Meter.	
3.281244 Lond. F.		1.065877 Lond. F.	
3.163463 Wien. F.		1.027617 Wien. F.	
3.186200 Rh. F.		1.035003 Rh. F.	
1 Lond. F. = 0.304762 Met.		1. W. F. = 0.316109 Meter	
0.938194 Par. F.		0.973125 Par. F.	
0.964105 W. F.		1.037232 Lond. F.	
0.971034 Rh. F.		1.007188 Rh. F.	

1 Rhein. Fuss = 0.313853 Meter
0.966181 Par. F.
1.029830 Lond. F.
0.992864 Wien. Fuss.

Ähnliche öfter vorkommende Verwandlungen sind die der drey gewöhnlichsten Thermometer und der Decimal- und Sexagesimaleintheilung des Kreises.

Nennt man R die Anzahl Grade des Therm. Réaumur
F - - - Fahrenheit
C - - - Centigrade,

so hat man

$$R = \tfrac{4}{9}(F - 32) = \tfrac{4}{5} C$$
$$F = 32 + \tfrac{9}{4} R = 32 + \tfrac{9}{5} C$$
$$C = \tfrac{5}{4} R = \tfrac{5}{9}(F - 32).$$

Eben so sind

A Decimalgrade gleich $\left(A - \frac{A}{10}\right)$ Sexagesimalgraden, und

B Sexagesimalgrade gleich $(B + \frac{1}{9} B)$ Decimalgraden.

So sind z. B. 50° Fahrenheit gleich + 8° Réaumur oder gleich + 10° Centigrade. Sind ferner

$A = 348.645$ Decimalgrade gegeben, so hat man
$\frac{1}{10} A = 34.8645$
313.7805 Sexagesimalgrade,

und eben so geben

$B = 313.7805$ Sexagesimalgrade
$\frac{1}{9} B = 34.8645$
348.6450 Decimalgrade.

Endlich werden Decimalsecunden des Bogens durch 0.324 multiplicirt, um Sexagesimalsecunden zu erhalten, und Decimalsecunden des Tages (wo der Tag 10 Stunden, oder 1000 Minuten, oder 100000 Decimalsecunden hat), werden durch 0.864 multiplicirt, um die gewöhnlichen Sexagesimal-

secunden des Tages zu erhalten (wo der Tag 24 Stunden, oder 1440 Minuten, oder 86400 Sexagesimalsecunden hat).

Tafel III.

Sie dient zur Verwandlung des Bogens in Zeit, wo 360 Grade des Bogens gleich 24 Stunden der Zeit sind. Hat man z. B. 124° 37′ 48.″3 in Zeit zu verwandeln, so ist

100°	6h 40′
20°	1 20
4°	0 16
37′	2 28″
48″	3.20
0.″3	0.02
	8h 18′ 31.″22 in Zeit.

Tafel IV.

Sie dient zur Verwandlung der Zeit in Bogen. Ist z. B. die Zeit 8h 18″31.″22 gegeben, so hat man

8h	120°
18′	4 30′
31″	7 45″
0.2	3.0
0.02	0.3
	124° 37′ 48.″3 in Bogen.

M. s. I. S. 34.

Tafel V.

Durch sie verwandelt man Minuten und Secunden des Bogens in Theile des Grades, oder Minuten und Secunden der Zeit in Theile der Stunden. Sind z. B. 10° 38′ 32.″36 gegeben, so hat man

10°	10°
38′	0.63333
32″	0.00889
0.″3	8
0.″06	2
	10.64232 Grade,

und eben so sind $10^h\ 38'\ 32.''36$ gleich 10.64232 Stunden. M. s. I. S. 34.

T a f e l VI.

Durch sie verwandelt man Stunden, Minuten und Secunden in Theile des Tages. So geben $8^h\ 35'\ 57.''8$

8^h	0.33333
$35'$	0.02431
$57''$	66
$0.''8$	1
	0.35831 Tage. M. s. I. S. 36.

T a f e l VII.

Sie dient zur Verwandlung der Sternzeit in mittlere und umgekehrt.

Die erste Seite gibt die Rectascension ⊙ der mittleren Sonne im mittlern Mittag Wiens (I. S. 38) für jeden gegebenen Tag des Jahres. Ist das Jahr ein Schaltjahr, so wird in den beyden ersten Monathen Januar und Februar ein Tag weniger genommen. Der Theil des Jahres, welcher dem gegebenen Monathstag entspricht, wird in der Tafel XIII gefunden, uud mit ihm ist die jährliche Änderung der Nutation zu multipliciren.

Man suche ⊙ für 1830 den 27. August mittl. Mittag in Berl.

				Nutation	jährl. Änd.
1830 ----	18^h	$58'$	$23.''41$	— 0.13	0.35
0 August -	13	55	49.73	0.23 = (0.35)(0.66)	
27 Tage -	1	46	26.99	— 0.36	
Nutation			—0.36		
Red. auf Berl.			+1.97		
gesuchtes ⊙ =	10^h	$20'$	$41.''74$		

Man suche eben so ⊙ für 1832 den 10. Februar mittl. Mittag in Petersburg.

				Nutation	jährl. Änd.
1832 ----	18^h	$40'$	$25.''35$	— 0.70	0.29
0 Februar	2	2	13.21	0.03 = (0.29)(0.11)	
(10—1) Tage	0	35	29.00		
Nutation			—0.73		
Red. a. Petersb.			—9.16		
gesuchtes ⊙	21^h	$17'$	$57.''67.$		

Kennt man so die mittlere Rectascension ☉ der Sonne im mittleren Mittag eines Tages, so gibt die zweyte Seite der Tafel VII die Verwandlung der Sternzeit dieses Tages in mittlere und umgekehrt.

Sey für das erste Beyspiel, 1830 den 27 August, die Berliner Sternzeit $8^h 25' 30''$ gegeben: man suche die entsprechende mittlere Zeit.

Sternzeit ---	8^h	25′	30″
☉ ---	10	20	41.74
	22	4	48.26
		3	37.03
ges. mittl. Z. Berl.	22	1	11.23

22^h ---	3′ 36.″25
4′ ---	0.65
48″ ---	0.13
	3 37.03

Ist aber diese mittlere Zeit gegeben, um die Sternzeit zu suchen, so hat man

mittl. Zeit	22^h	1′	11.″23
		3	37.03
	22	4	48.26
☉ =	10	20	41.74
ges. Sternz. Berl.	8	25	30.00
	wie zuvor.		

22^h ---	3′ 36.″25
1′ ---	0.16
11″ ---	0.03
	3 36.44
3′	0.49
36″	0.10
	3 37.03

Diese zweyte Seite dient auch zur Verwandlung der Intervalle der Sternzeit in mittlere Zeit und umgekehrt. Wie viel machen z. B. $8^h 40' 30.''1$ Sternzeit in jedem Tage des Jahres in mittlerer Zeit ausgedrückt?

Sternzeit	8^h	40′	30.″1
		1	25.27
ges. mittl. Zeit	8	39	4.83

Ist umgekehrt dieses Intervall von $8^h 39' 4.''83$ in mittlerer Zeit ausgedrückt, um Sternzeit zu suchen, so hat man

mittlere Zeit	8^h	39′	4.″83
		1	25.04
			0.23
ges. Sternzeit	8	40	30.10

wie zuvor (I. S. 39)

Tafel VIII.

Sie gibt die Aberration der Fixsterne in Rectascension und Poldistanz. Nennt man a und p die Rectascension und

Poldistanz des Sterns, $\odot$ die mittlere Länge der Sonne, so ist die Aberration der Rectascension

$$da = -x \frac{\text{Cos}(\odot + y - a)}{\text{Sin}\, p},$$

und die Aberration in Poldistanz

$$\begin{aligned} dp = &+ x\, \text{Sin}(\odot + y - a)\, \text{Cos}\, p \\ &+ \text{Zahl von } \odot + (90 - p) \\ &+ \text{Zahl von } \odot - (90 - p). \end{aligned}$$ (M. s. I. S. 85.)

T a f e l IX

gibt eben so die Nutation nach den Ausdrücken

$$da = -x \frac{\text{Cos}(\Omega + y - a)}{\text{tang}\, p} + z$$

$$dp = + x\, \text{Sin}(\Omega + y - a),$$

wo Ω die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondsbahn in der Ecliptik ist (I. S. 78).

Man findet die mittlere Länge der Sonne oder die Grösse $\odot$ aus der ersten Columne der Tafel XIV, und die Grösse Ω aus der Tafel XXIII, wenn man sie nicht aus den Ephemeriden nehmen kann.

Beyspiel für den Gebrauch dieser Tafeln der Aberration und Nutation.

$$\begin{aligned} \text{Sey } a &= 308^\circ\, 43'\, 5'' \\ p &= 45\ \ 24\ \ 12 \\ \odot &= 265^\circ\, 9' \text{ und } \Omega = 239^\circ\, 18'. \end{aligned}$$

Die Tafel VIII gibt $y = +0^\circ 24'$, also ist

$$\begin{aligned} \odot + y - a &= 316^\circ\, 50' \\ \odot + (90 - p) &= 309\ \ 45 \\ \odot - (90 - p) &= 220\ \ 33. \end{aligned}$$

Mit diesen Grössen findet man

$\log -x =$	$1.3063\, n$	$\log x =$	1.3063
$\log \text{Cos}(\odot + y - a) =$	9.8629	$\log \text{Sin}(\odot + y - a) =$	$9.8353\, n$
	1.1692		1.1416
$\log \text{Sin}\, p =$	9.8525	$\log 2\, \text{Cos}\, p =$	9.8464
	1.3167		$0.9880 = \log - 9.''7$
$da = -20.''7$		$\odot + (90 - p)$	$+2.5$
		$\odot - (90 - p)$	-3.1
		$dp =$	-10.3

Die Tafel IX gibt eben so

$$y = -7° 53', \text{ also auch } \Omega + y - a = 282° 42',$$

und mit diesen Grössen findet man

$$\log -x = 0.8663\,n \qquad \log x = 0.8663$$
$$\log \text{Cos}(\Omega + y - a) = 9.3421 \qquad \log \text{Sin}(\Omega + y - a) = 9.9892\,n$$
$$0.2084 \qquad 0.8555$$
$$\log \text{tg}\, p = 0.0061 \qquad dp = -7.''17$$
$$0.2023 = \log -1.''59$$
$$z = +13.23$$
$$da = +11.64.$$

Die so gefundenen da und dp sind in Bogensecunden ausgedrückt, und werden mit ihren Zeichen zu der gegebenen mittleren Rectascension und Poldistanz gesetzt, um die scheinbare (oder um die durch Aberration und Nutation veränderte) Rectascension und Poldistanz zu erhalten. Man hat daher

mittl. Rectasc.	308° 43′ 5.″0 = a	mittl. Pold.	45° 24′ 12.″0 = p
Aberration	−20.7	Aberration	−10.3
Nutation	+11.6	Nutation	− 7.2
sch. Rectasc.	308° 42′ 55.″9 = a′	sch. Pold.	45° 23′ 54.″5 = p

Diese mittlere Rectascension und Poldistanz des Sterns muss für den Tag gegeben seyn, für welche man, mit den Werthen von ☉ und ☊ dieses Tages, die Aberration und Nutation sucht. Ist daher diese mittlere Rectascension und Poldistanz für eine andere Zeit, z. B. aus der Tafel XXVI für den Anfang des Jahres 1800 gegeben, so muss man sie durch die Präcession (I. S. 73) auf den Tag der Beobachtung bringen, und die so auf den Beobachtungstag reducirte mittlere Rectascension und Poldistanz ist es, welche oben durch a und p bezeichnet wurde. Übrigens setzt diese Tafel die Constante der Aberration gleich 20.″255 voraus (I. S. 80), wie sie Delambre aus den Finsternissen der Jupiterssatelliten bestimmt hat. Struve fand aus seinen Beobachtungen der Circumpolarsterne diese Constante 20.″35, Bessel aus den Beobachtungen Bradleys 20.″68 (Fund. Astr.), und Lindenau aus den Beobachtungen des Polarsterns 20.″61.

Will man endlich auch noch den von der Länge ☉ der Sonne abhängigen Theil der Nutation, oder die Solarnutation, erhalten (I. S. 77), so wird man in dieselbe Tafel IX, statt mit dem Argumente ☊, mit dem Argumente 2 ☉ eingehen, und die so erhaltenen Werthe der Nutation in a und p durch die constante Zahl 0.08 multipliciren.

Tafel X.

Sie enthält für jeden Werth von θ die Grösse

$$\frac{2 \operatorname{Sin}^2 \frac{15}{2}\theta}{\operatorname{Sin} 1''},$$

deren Gebrauch öfters, z. B. I. S. 198 vorgekommen ist. Will man noch die a. a. O. gegebene Grösse

$$\frac{2 \operatorname{Sin}^4 \frac{15}{2}\theta}{\operatorname{Sin} 1''},$$

so erhält man sie aus der folgenden kleinen Tafel:

θ		θ	
1′	0.″00	10′ 0″	0.″09
2	0.00	10 30	0.11
3	0.00	11 0	0.14
4	0.00	11 30	0.16
5	0.01	12 0	0.19
6	0.01	12 30	0.23
7	0.02	13 0	0.27
8	0.04	13 30	0.31
9	0.06	14 0	0.36
10	0.09	14 30	0.41

Tafel XI und XII.

Sie enthalten die Correctionen des Mittags oder der Mitternacht aus den correspondirenden Höhen der Sonne, deren Poldistanz veränderlich ist (I. S. 170).

Ex. Die Polhöhe des Beobachtungsortes sey $\varphi = 50° 48'$; die Länge der Sonne für den Mittag des Beobachtungstages $162^{\circ} 36$; der durch correspondirende Höhen gefundene unverbesserte Mittag $23^h 59' 12.''25$, und die halbe Zwischenzeit der Beobachtungen $4^h 40'$.

Die erste der Tafeln XI gibt für die halbe Zwischenzeit von $4^h 40'$

☉	I
160°	18.″23
170	19.07

also auch für ☉ = 162.°6 die Grösse I = 18.″45, und da dieser erste Theil durch tang φ multiplicirt werden soll,

$$\text{I tg}\,\varphi = 22.''62.$$

Der zweyte Theil is eben so für die halbe Zwischenzeit von $4^h 40'$

☉	II
160	—0.88
170	—0.45

also auch für ☉ = 162.6 die Grösse

$$\text{II} = -0.''77.$$

Es ist daher

unverb. Mittag	23^h	$59'$	$12.''25$
I tg φ			+22.62
II			− 0.77
wahrer Mittag	23^h	$59'$	$34.''10.$

Dasselbe Verfahren wird man auch zur Bestimmung der wahren Mitternacht anwenden (I. S. 170).

Tafel XIII.

Sie gibt die Correction der ausser der Culmination beobachteten Zenithdistanz z des Polarsterns, um daraus die Äquatorhöhe des Beobachtungsortes zu finden (I. S. 208).

Ist t der Stundenwinkel, und p die scheinbare Poldistanz des Sterns, und nimmt man die Grössen M und N aus dieser Tafel, so hat man

$$\psi = z + p \operatorname{Cos} t - M \operatorname{Cotg} z + N,$$

wo z die von der Refraction befreyte Zenithdistanz des Sterns bezeichnet. Die Stundenwinkel des Sterns werden von 0^h bis 24^h gezählt, und man hat für das Argument θ der Tafel:

im I. Quadranten von t	$\theta = t$
II.	$\theta = 12^h - t$
III.	$\theta = t - 12^h$
IV.	$\theta = 24^h - t.$

Die Tafel setzt $p = 1° 40'$ oder $p = 100$ Minuten voraus. Ist die Poldistanz des Sterns um eine Minute grösser oder kleiner, als $1° 40'$, so ist auch M um (0.02) M grösser oder kleiner, als in der Tafel.

T a f e l XIV.

Sie gibt die wahren Orte der Sonne für jeden Tag der Jahre von 1828 bis 1860 für den Meridian von Wien (I. S. 314). In den Schaltjahren nimmt man bey den zwey ersten Monathen einen Tag weniger, also z. B. den 7. Februar, wenn man den Ort der Sonne für den 8. Februar sucht. Die in diesen Tafeln gegebenen Längen der Sonne enthalten schon die constante Aberration von $20.''25 = 0.°0056$, daher man, um die von der Aberration befreyte Länge der Sonne zu erhalten, zu der tabellarischen Länge noch $0.°0056$ addiren muss.

Ex. Man suche den wahren Ort der Sonne für 1829 den 9. August $0^h\, 5'\, 12''$ mittl. Zeit Greenwich, oder (da Greenwich $1^h\, 5'\, 31''$ westlich von Wien liegt) für $1^h\, 10'\, 43''$ mittl. Zeit Wien.

	Mittlere Länge	Apog.	A	B	C	D	E	F	G	H	Ω
1829	279.°836	99.°972	833	265	212	602	253	854	674	518	466
August 0	208.957	0.010	179	363	271	531	146	37	49	509	31
9	8.871	99.982	305	15	11	23	399	891	723	27	497
1^h	0.041	137.713	1	643	494	156					
10′	0.007		318								
43″	0.001	37.731 = M									

mittlere Länge = 137.713 | mittlere Anom. | Rad. Vector 1.01338

Gleichung der Bahn = —1.157

A - - - 2
B - - - —3
C - - - 0
D - - - —1
E - - - —1
F - - - 0
G - - - 1
H - - - 1
Nutation Länge Ω — 0

wahre Länge = 136.°555 = ⊙

Rad. Vector 1.01338
A - - - —1
B - - - 0
C - - - 1
D - - - 1

R = 1.01339

Ist dann $\Delta = 0.^\circ 26697$ der Halbmesser der Sonne für die mittlere Entfernung derselben von der Erde, so ist für jede andere Entfernung der Halbmesser

$$\Delta' = \frac{\Delta}{R} = \frac{\Delta}{1 + \varepsilon \operatorname{Cos} M},$$

wo $\varepsilon = 0.016780$ ist.

Ist ferner $m = 0.^\circ 041047$ die mittlere stündliche Bewegung der Sonne, so ist für jeden Ort derselben die wahre stündliche Bewegung der Sonne gleich

$$\frac{m\sqrt{1-\varepsilon^2}}{R^2} = \frac{0.99986\,m}{R^2}.$$

Ist endlich $\varpi = 0.^\circ 002388$ die Horizontalparallaxe der Sonne für die mittlere Entfernung, so ist für jeden Tag des Jahres die Horizontalparallaxe derselben gleich $\frac{\varpi}{R}$ und die Höhenparallaxe gleich $\frac{\varpi}{R}$ Sin z (I. S. 93).

Kennt man aber aus den Tafeln die Länge ☉ der Sonne und die scheinbare Schiefe e der Ecliptik, so findet man die Rectascension A und die Poldistanz P derselben durch die Gleichungen

$$\begin{aligned} \operatorname{Tang} A &= \operatorname{tg} \odot \operatorname{Cos} e \\ \operatorname{Cotg} P &= \operatorname{Sin} A \operatorname{tg} e, \text{ oder} \\ \operatorname{Cos} P &= \operatorname{Sin} \odot \operatorname{Sin} e. \end{aligned}$$

Die scheinbare Schiefe der Ecliptik aber endlich ist

$$\begin{aligned} e = 23^\circ\, 27'\, 53.''8 &- 0.''48368\,(T - 1800) \\ &+ 8.''977 \operatorname{Cos} ☊ ☾, \end{aligned}$$

wo T die Anzahl Jahre nach 1800, und ☊ ☾ die Länge des Mondsknotens bezeichnet.

Tafel XV.

Sie geben für jeden Tag der Jahre 1828 — 1860 den heliocentrischen Ort der Venus in ihrer Bahn. Da der Gebrauch dieser Tafeln ganz mit dem der vorhergehenden Tafel übereinstimmt, so wird es hinreichen, denselben durch ein Beyspiel zu erläutern. Man bemerke nur noch, dass man, um alle Störungen positiv zu machen, von der wahren Länge in der Bahn die Grösse $0.^\circ 012$, und von dem tabellarischen Radius die Grösse 0.00004 abziehen muss.

Man suche den heliocentrischen Ort der Venus für 1829 den 9. August $1^h\, 10'\, 43''$ mittlerer Zeit Wiens.

	Mittlere Länge	Aphel.	Knoten	A	B	C	D	E	F	G	H
1829	195.°255	309.°097	75.°146	735	130	747	216	673	759	654	702
August 0	339.660	7	5	637	106	854	128	49	71	982	102
9	14.420	309.104	75.151 = k	985	962	994	963	2	3	999	4
1h	67	189.414	190.095 = λ	357	198	595	307	724	833	635	808
10′	11	240.310	114.944 = u								
43″	1										
	mittlere Länge 189.°414	mittlere Anomalie	Arg. der Breite								

mittlere Länge 189.°414
Gleichung der Bahn +0.683
A --- 3
B --- 2
C --- 2
D --- 1
E --- 1
F --- 1
G --- 0
H --- 0

190.107
Const −0.012

190.095 = λ
+0.038 Reduction

190.133 = l

Rad. Vector 0.72091
A --- 1
B --- 1

0.72093
Const −4

r = 0.72089
Breite = + 3.°074 = b,
Reduction = + 0.038

wo λ die wahre Länge der Venus in der Bahn, und l die wahre Länge derselben in der Ecliptik, und u das Argument der Breite, k die Länge des aufsteigenden Knotens bezeichnet, also u = λ − k ist.

Kennt man aber das Argument u der Breite, und die heliocentrische Länge l und Breite b, so wie den Radius Vector des Planeten, nebst dem gleichzeitigen heliocentrischen Ort der Erde, so wird man daraus, nach I. S. 114 auch den geocentrischen Ort des Planeten finden.

Tafel XVI.

Sie gibt die mittlere und die wahre heliocentrische Länge, so wie den Radius Vector der sieben älteren Planeten für alle Tage der Jahre 1830 bis 1860, und für den Meridian von Wien. Die Epochen der Jahre sind für den mittleren Mittag des 1. Januars in Schaltjahren, und für den o Januar (31. December des vorigen Jahres), in gemeinen Jahren gegeben. Man wird daher in den mittleren Bewegungen für die einzelnen Tage in den zwey ersten Monaten der Schaltjahre einen Tag weniger nehmen, und z. B. die Bewegung des 9. Februars 1832 nehmen, wenn man die Länge des Planeten für den 10. Februar 1832 sucht.

Diese Tafeln enthalten keine Störungen, sondern nur den wahren elliptischen Ort der Planeten, daher sie in allen den Fällen, wo keine besondere Genauigkeit gefordert wird, bequem gebraucht werden können.

Die Länge des Apheliums erhält man aus dem Anhange dieser Tafeln, wo t die Anzahl Jahre nach 1840.00 bezeichnet. Für Jahre vor dieser Epoche ist t negativ. Das dort nicht angegebene Aphelium der Erde findet man aus der Gleichung $280.^\circ172 + 0.^\circ0172\, t$.

Den Gebrauch dieser Tafeln werden folgende Beyspiele erläutern.

I. Man suche den heliocentrischen Ort Saturns für 1831 den 24. May $4^h\, 16'\, 32''$ mittlere Zeit Paris, Abends.
Merid. Diff. o 56 10

M. Z. Wien 5 12 42 = May $24.^T22$ (Tafel VI).

Nach Tafel XXIII ist $t = -8.61$, also auch das Aphelium Saturns $A = 269.°744$

1831	141.°57		
May 0	4.02		
Tage 24	0.80		
0.2	0.007		
0.02	0.0007		
mittlere Länge	146.40	146.40	
Gleich. der Bahn	+5.56	A = 269.74	
wahre Länge λ =	151.96 in d. Bahn.	236.66	mittl. Anom.

log Rad. Vect. = 0.9659 = log r.

II. Man suche den heliocentrischen Ort des Mars für 1832 den 13. Februar 17ʰ 23′ 40″ mittl. Zeit Greenw. Morgens.

Merid. Diff.	1	5	31
M. Z. Wien	18	29	11 = Febr. 13.770 (Tafel VI).

Nach Tafel XXIII ist $t = -7.88$, also auch das Aphelium des Planeten für die gegebene Zeit $A = 152.°968$

1832	237.°88		
Febr. 0	16.25		
Tage (13 — 1)	6.29		
0.7	0.367		
0.07	0.0367		
Mittl. Länge	260.82	260.82	
Gleich. der Bahn	—10.47	152.97	
wahre Länge λ =	250.°35 in der Bahn	107.85	mittl. Anom.

log Rad. Vect. = 0.1740 = log r.

Will man aus diesen Grössen λ und r, auch das Argument u der Breite, die heliocentrische Länge l des Planeten in der Ecliptik, und die heliocentrische Breite b desselben finden, so sucht man zuerst mit dem entsprechenden Werthe von t aus dem Anhange dieser Tafeln die Länge k des aufsteigenden Knotens, und die Neigung N der Bahn gegen die Ecliptik, und man hat

$$u = \lambda - k$$

$$\text{tg}\,(l - k) = \text{Cos}\,N\,\text{tg}\,u$$

$$\text{Tang}\,b = \text{tang}\,N\,\text{Sin}\,(l - k)\text{, oder}$$

$$\text{Sin}\,b = \text{Sin}\,N\,\text{Sin}\,u.$$

In unserm ersten Beyspiele war $t = -8.6$, also ist $k = 112.°204$, $N = 2.°492$ und $u = \lambda - k = 39.°756$

log Cos N =	9.99959	log Sin N =	8.63828
log tg u =	9.92006	log Sin u =	9.80585
	9.91965		8.44413
l — k =	39° 43′ 50″	b =	+ 1° 35′ 36″
k =	112 12 14		hel. nördl. Breite.
l =	151 56 4		
	hel. Länge in d. Ecliptik.		

Will man aber aus jenen Grössen λ und r die geocentrische Rectascension a, und Poldistanz p des Planeten finden, so sucht man zuerst mit dem entsprechenden Werthe von t aus dem Anhange dieser Tafeln die Grössen A, B, C, und a, b, c, so hat man (I. S. 122)

$$x = r \operatorname{Sin} a \operatorname{Sin} (A + \lambda)$$
$$y = r \operatorname{Sin} b \operatorname{Sin} (B + \lambda)$$
$$z = r \operatorname{Sin} c \operatorname{Sin} (C + \lambda).$$

Bezeichnet dann ☉ die wahre Länge der Sonne, und R ihren Rad. Vector für dieselbe Zeit, so wie e die Schiefe der Ecliptik, so sey

$$X = R \operatorname{Cos} \odot$$
$$Y = R \operatorname{Sin} \odot \operatorname{Cos} e$$
$$Z = R \operatorname{Sin} \odot \operatorname{Sin} e$$

und man erhält die gesuchte geocentrische Rectascension a, und die geocentrische Poldistanz p, so wie die Entfernung ρ des Planeten von der Erde durch die Gleichungen

$$\operatorname{tg} a = \frac{Y + y}{X + x}$$
$$\operatorname{Cotg} p = \frac{Z + z}{X + x} \operatorname{Cos} a \text{ und } \rho = \frac{Z + z}{\operatorname{Cos} p}.$$

Man bemerkt, dass man die hier gebrauchten Grössen A, B, C erhält, wenn man von den I. S. 122 eben so bezeichneten Grössen die Länge K des Knotens subtrahirt.

In unserem ersten Beyspiele findet man für 1831 den 24. May $5^h\ 12'\ 42''$ mittl. Zeit Wien, aus der dritten Columne unserer Tafel, die wahre Länge der Erde 242.°66, also

$$\odot = 62.°66;\ \log R = 0.0057,$$

und für $t = -8.6$

$$e = 23^\circ.46 - 0.00014\,t = 23.^\circ461\,,$$

also auch

$$X = 0.4653\,,\; Y = 0.8257\,,\;\text{und}\; Z = 0.3585.$$

Weiter gibt der Anhang unserer Tafel für $t = -8.6$

$A = 90^\circ\ 1'\ 9''$	$\log \mathrm{Sin}\, a = 9.99965$
$B = 0\ 58\ 33$	$\log \mathrm{Sin}\, b = 9.96562$
$C = 354\ 28\ 12$	$\log \mathrm{Sin}\, c = 9.58522$

also auch

$x = -8.1550$	und	$X + x = -7.6897$	
$y = 3.8866$		$Y + y = 4.7123$	
$z = 1.9669$		$Z + z = 2.3254$	

woraus folgt

geoc. Rectasc. Saturns	$a = 148^\circ 30'$
geoc. Poldistanz	$p = 75^\circ 32'$
Entfernung v. der Erde	$\rho = 9.3140$

wo ρ in Theilen der halben grossen Axe der Erdbahn angegeben ist.

Bequemer noch, und beynahe ohne alle Rechnung findet man diese Grössen XYZ und xyz durch die Tafeln meiner Calendariographie Seite 499.

Tafel XVII.

Diese Tafeln geben die vier vorzüglichsten Phasen des Mondes für jeden Monath eines gegebenen Jahres. In ihnen gehört 1 für den Neumond, 2 für das erste Viertel, 3 für den Vollmond, und 4 für das letzte Viertel. Ist die Summe der Phasen, die in der Tafel überhaupt durch P ausgedrückt wird, grösser als 4, so wird davon die Zahl 4 subtrahirt, so wie von der mittleren Anomalie M des Mondes, wenn sie grösser als 1000 ist, diese Zahl 1000 subtrahirt wird. In Schaltjahren setzt man bey den zwey ersten Monathen noch einen Tag hinzu. Endlich muss noch bemerkt werden, dass diese Tafeln die gesuchten Mondsphasen in der mittleren Zeit des Pariser Meridians geben, und dass man daher die Differenz der Meridiane hinzusetzen muss, wenn man für einen andern Ort rechnet.

Ex. I. Man suche die mittlere Wiener Zeit des Vollmonds im May 1825

		Epoche	M	P
Die Tafel A gibt	1825	3.521	335	3
B	May	27.728	362	4
C	M=697	0.256	697	7
		31.505		4
				3 Vollmond.

Die gesuchte Zeit des wahren (nicht kirchlichen) Vollmonds (II. S. 57) ist daher 1825 May 31.505, oder den 31. May $12^h\,7'$ mittlerer Pariser Zeit, oder endlich 31. May $13^h\,3'$ mittlerer Zeit Wien. Man hat hier im May die vierte Zahl genommen, weil zu ihr P=4 gehört, damit 3+4=7, d. h. damit die Zahl 3 erhalten werde, die für den Vollmond gehört.

Ex. II. Man suche den Neumond für den Julius 1831.

	Epoche	M	P
1831	5.167	910	4
Juli	3.532	698	1
	0.390	608	5
	9.089		4
			1 Neumond,

also Neumond Juli 9.089 oder den 9. Juli $2^h\,8'$ mittlerer Zeit Paris.

T a f e l XVIII.

Sie enthält die Refraction, wie sie Carlini in den Efemeridi di Milano für 1820 gegeben hat. Die erste Tafel gibt die mittlere Refraction R für Barometer 28 Par. Zoll, und Thermometer +10° Réaumur. Von der scheinbaren Zenithdistanz 60 an ist der log R hinzugefügt. Die angehängten Tafeln enthalten A und log (1+A), welche Grössen von dem Barometer, und B und log (1+B), welche Grössen von den Thermometer abhängen. Die wahre Refraction r ist dann gleich

$$r = R + R\,(A + B + AB),$$

oder wenn man mit Logarithmen rechnet

$$\log r = \log\{R\,(1 + A)(1 + B)\}.$$

Bey grösseren Zenithdistanzen wird die Grösse C in —10 multiplicirt, zu den so erhaltenen r noch hinzugefügt.

Ex. Sey die beobachtete Zenithdistanz $z = 83° 45' 30''$, Barometer 27^z 9^l Pariser Mass, und äusseres Thermometer 4.°0, so hat man

$$\begin{aligned} \log R &= 2.6900 \\ \log(1+A) &= 9.9961 \\ \log(1+B) &= 0.0124 \\ \hline \log r &= 2.6985 \\ r &= 499.''6 = 8'\ 19.''6 \\ -10\,C & \qquad\qquad +1.9 \\ \text{wahre Refraction} & \qquad\qquad 8'\ 21.''5. \end{aligned}$$

Rechnet man aber ohne Logarithmen, so ist

$$\begin{aligned} A &= -0.0089 & &\text{mittl. Refr. } R\ 8'\ 9.''88 \\ B &= +0.0291 & &9.75 \\ AB &= -0.0003 & &-10\,C \ldots 1.9 \\ A+B+AB &= +0.0199 & &\text{wahre Refr. } 8'\ 21.''53 \text{ wie zuvor.} \\ R\,(A+B+AB) &= 9.''75 \end{aligned}$$

Die mittlere Refraction R dieser Tafeln ist nach dem folgenden Ausdrucke berechnet worden.

$$R = 1624'' \operatorname{Sin} z \{(1.2824065 - 1.4351870\,T^2)\,Q + 0.7175935\,T\}$$

wo $T = 28 \operatorname{Cos} z$, und

$$Q = e^{T^2} \int e^{-t^2} d.t,$$

dieses Integral von $t = T$ bis $t = \infty$ genommen.

Für Zenithdistanzen, die kleiner als 80° sind, kann dieser Ausdruck in folgende Reihe entwickelt werden,

$$R = 58'' \operatorname{tang} z \left\{ \begin{array}{l} 1 - 1.7175935\left(\frac{1}{2T^2} - \frac{2.3}{4T^4} + \frac{3.3.5}{8\,T^6} - \ldots\right) \\ -\left(\frac{1.3}{4T^4} - \frac{2.3.5}{8\,T^6} + \frac{3.3.5.7}{16\,T^8} - \ldots\right) \end{array} \right\}$$

Die Grösse C aber hat man aus

$$C = -14.''093 \operatorname{Sin} z \{(1 + 2\,T^2)\,Q - T\}.$$

Endlich erhält man die Refraction für 28 Zoll + x Lin. des Pariser Barometers, und für 10 + y Grad des Réaum. Thermometers, wenn man R multiplicirt durch

$$\left(1+\frac{x}{28\times 12}\right) \text{ und durch } \frac{1}{1-0.0047086y},$$

$$\text{wo } 1+\frac{x}{28\times 12}=1+A \text{ und } \frac{1}{1-0.0047086y}=1+B$$

gesetzt wurde.

Tafel XIX.

Diese Tafel enthält die Refraction nach den im I. Th. S. 101 gegebenen Ausdrücken. Bis $z=85°$ ist die mittlere Refraction R nach der Gleichung (I. S. 105)

$$R=\frac{120.''2 \operatorname{Sin} z}{\operatorname{Cos} z+\sqrt{0.004+\operatorname{Cos}^2 z}}$$

berechnet worden, wo z die beobachtete Zenithdistanz bezeichnet. Die Grösse n wurde nach S. 109 und die drey angehängten kleinen Tafeln nach Seite 112 berechnet.

Ist b die Barometerhöhe in Pariser Mass, und t′, t das innere und äussere Thermometer Réaumur, so sucht man zuerst mit dem Argumente z die Grösse R und n, aus der ersten Tafel. Nennt man dann B, T′ und T die Zahlen der drey letzten Tafeln, welche man mit dem Argumente b, t′ und t findet, so ist der Logarithmus der wahren Refraction r

$$\log r = R + B + T' + n.\,T.$$

Ex. Sey die beobachtete Zenithdistanz z = 85° 24′ 36″
Barometer (Pariser Mass) b = 28.75 Zoll
Inneres Thermometer Réaumur t′ = − 8.3
Äusseres Thermometer Réaumur t = −10.5

so gibt z	log R = 2.8190		n = 1.109
b	B = 0.0114		T = 0.02125
t′	T′ = 0.0008		
t	n T = 0.0236		
	log r = 2.8548		

wahre Refraction r = 715.″9 = 0° 11′ 55.″9.

Tafel XX.

Diese Tafel gibt die wahre Anomalie v in der Parabel aus der gegebenen Zeit seit dem Durchgange durch das Perihelium und der kürzesten Distanz q des Kometen von der Sonne. Ist nämlich T die Zeit des Durchgangs durch die Sonnennähe, und t die gegebene Zeit, so hat man (I. S. 64)

$$3\,\mathrm{tg}\,\frac{v}{2} + \mathrm{tg}^3\,\frac{v}{2} = \frac{6\,\mu\,(t-T)}{(2\,q)^{\frac{3}{2}}}\text{, oder auch}$$

$$75\,\mathrm{tg}\,\frac{v}{2} + 25\,\mathrm{tg}^3\,\frac{v}{2} = (t-T)\,\varDelta m\,,$$

wo $\varDelta m = \frac{0.9122802}{q^{\frac{3}{2}}}$ die mittlere tägliche Bewegung des Kometen heisst.

Die Tafel gibt für jeden Werth von v den Werth der Grösse $M = 0.9122802\,(t-T)$, also auch $(t-T)\,\varDelta m$, und umgekehrt, für einen Kometen, dessen kleinster Abstand $q = 1$, oder gleich der halben grossen Axe der Erdbahn ist.

Aufg. I. Sey T und q gegeben. Man suche die wahre parabolische Anomalie v, und den Radius Vector r für eine gegebene Zeit t.

Aufl. Man suche $\varDelta r = \frac{0.9122802}{q^{\frac{3}{2}}}$ und $M = (t-T)\,\varDelta m$.

Mit diesem Argumente M oder log M findet man in der Tafel die gesuchte Grösse v, und dann erhält man r aus

$$r = \frac{q}{\mathrm{Cos}^2 \tfrac{1}{2} v}.$$

Ex. Sey $T = 12.$ März 1759 $13^h\,7'\,35''$ mittl. Zeit Paris, und $\log q = 9.765650$. Man suche v und r für den 22. Januar 1759 $7^h\,3'\,31'' = t$.

Es ist $t - T = -49^T\,6^h\,4'\,4'' = -49.^T252824$,
also auch

$$\log \varDelta m = 0.311653$$
$$\log (t-T) = 1.692431\,n$$
$$\log M = 2.004084$$

Dieser log M gibt in der Tafel $v = -9° 21' 31.''2$, und dann ist $\log r = 0.069407$.

Aufg. II. Sey q und die wahre Anomalie v für irgend eine Zeit t gegeben. Man suche die Zeit T des Durchgangs durch die Sonnennähe.

Aufl. Suche $\Delta m = 0.9122802\, q^{-\frac{3}{2}}$, und mit diesem Werthe von Δm aus der Tafel den der gegebenen Grösse v entsprechenden Werth von M, so ist

$$t - T = \frac{M}{\Delta m},$$

woraus man also T finden kann.

Ex. In dem vorhergehenden Beyspiele ist

$t = 22$ Jan. $7^h\, 3'\, 31''$, und

$v = -90°\, 21'\, 31.''2$.

Für dieses v gibt die Tafel

log M	=	2.004084 n
log Δ m	=	0.311653
log (t — T)	=	—1.692431
t — T	=	—49.^{T}25281
Es war t	=	22.29411
also Zeit des Perih. T	=	71.^{T}54692 = 12. März $13^h\, 7'\, 34''$

wie zuvor.

Bis $v = 45°$ gibt die Tafel die Grösse M, dann aber log M. Umständlich berechnet findet man diese Tafel in Olbers Anleitung, die Bahn eines Kometen zu berechnen. Weimar 1797.

Tafel XXI.

Diese Tafel gibt in der I. Columne die Breiten- oder Meridiang ade in Toisen; in der zweyten die Längengrade in Toisen; in der III. den Logarithmus des Erdradius, den Halbmesser des Äquators als Einheit voraussetzt, und in der IV. den Winkel der Verticale in dem Beobachtungsorte mit dem Radius dieses Ortes, oder die Grösse $(\varphi' - \varphi)$, wo φ' die beobachtete Polhöhe, und φ die geocentrische Polhöhe bezeichnet (I. S. 90). Das Argument dieser Tafel ist die beob-

achtete Polhöhe oder die geographische Breite φ'. Die Abplattung, welche diese Tafel voraussetzt, ist

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{300},$$

wo a und b die halbe grosse und kleine Axe der Erde bezeichnen, und a = 3273651 Toisen beträgt. Diese Tafel setzt die Erde als durch Rotation einer Ellipse um ihre kleine Axe 2 b entstanden voraus.

Der Breiten- oder Meridiangrad B, dessen Mitte die Polhöhe φ' hat, ist

$$B = \frac{a\varpi(1-\varepsilon^2)}{180(1-\varepsilon^2 \operatorname{Sin}^2\varphi')^{\frac{3}{2}}}$$

und der dazu gehörende Längegrad L ist

$$L = \frac{a\varpi \operatorname{Cos}\varphi'}{180(1-\varepsilon^2 \operatorname{Sin}^2\varphi')^{\frac{1}{2}}},$$

wo $\varpi = 3.1415926$ und $\varepsilon = \frac{1}{a}\sqrt{a^2-b^2}$, oder $\varepsilon^2 = \alpha(2-\alpha)$ ist. Der Erdradius r der Breite φ' ist (I. S. 91)

$$r = \sqrt{\frac{a^4+b^4 \operatorname{tg}^2\varphi'}{a^2+b^2 \operatorname{tg}^2\varphi'}} \text{ oder } r = a\sqrt{\frac{\operatorname{Cos}\varphi'}{\operatorname{Cos}\varphi' \operatorname{Cos}(\varphi'-\varphi)}},$$

und φ endlich findet man aus

$$\operatorname{tg}\varphi = (1-\varepsilon^2)\operatorname{tg}\varphi'. \text{ oder aus}$$

$$\varphi'-\varphi = m \operatorname{Sin} 2\varphi' - \frac{m^2}{2}\operatorname{Sin} 4\varphi' + \frac{m^3}{3}\operatorname{Sin} 6\varphi' -$$

$$\text{wo } m = \frac{\varepsilon^2}{2-\varepsilon^2} \text{ ist.}$$

Aus diesen Ausdrücken findet man leicht auch die Änderungen dB, dL, dφ und dr, welche aus einer gegebenen Änderung der halben Äquatorialaxe a und der Abplattung α folgen, da $1-\varepsilon^2 = (1-\alpha)^2$ oder $\alpha = 1-\sqrt{1-\varepsilon^2}$ ist. Für $k = 1-\varepsilon^2 \operatorname{Sin}^2\varphi'$ hat man

$$\text{Radius der Erde } r = \sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2(1-\varepsilon^2)\operatorname{Sin}^2\varphi'}{k}},$$

$$\text{Breitegrad } B = \frac{a\varpi(1-\varepsilon^2)}{180\, k^{\frac{3}{2}}},$$

$$\text{Längegrad } L = \frac{a\varpi \operatorname{Cos}\varphi'}{180\, k^{\frac{1}{2}}}.$$

Radius des Parallelkreises

$$\frac{a}{k} \operatorname{Cos} \varphi',$$

Krümmungshalbmesser des Meridians

$$\frac{a(1-\varepsilon^2)}{k^{\frac{3}{2}}},$$

Krümmungshalbmesser des auf den Meridian senkrecht stehenden Bogens

$$\rho = \frac{1}{k^{\frac{1}{2}}},$$

Normale von der Oberfläche bis zum Durchschnitte mit dem Aequator

$$\rho' = \frac{a(1-\varepsilon^2)}{k^{\frac{1}{2}}},$$

und ρ, ρ' sind zugleich der kleinste und grösste Krümmungshalbmesser des Ellipsoids für die Breite φ'. Ist S der Bogen des Meridians vom Aequator bis zur Breite φ', so hat man

$$S = \frac{b^2}{a}(1 + A\varepsilon^2 + B\varepsilon^4 + C\varepsilon^6)\frac{\varpi\varphi'}{180},$$

$$- \frac{b^2}{a}(A\varepsilon^2 + B\varepsilon^4 + C\varepsilon^6) \operatorname{Sin}\varphi' \operatorname{Cos}\varphi',$$

$$- \frac{2b^2}{3a}(B\varepsilon^4 + C\varepsilon^6) \operatorname{Sin}^3\varphi' \operatorname{Cos}\varphi',$$

$$- \frac{8b^2}{15a}(C\varepsilon^6) \operatorname{Sin}^5\varphi' \operatorname{Cos} - \ldots$$

wo $A = \frac{3}{4}$, $B = \frac{15}{16} A$, $C = \frac{35}{36} B \ldots$ ist.

Die Länge Q eines Quadranten des Meridians ist

$$Q = \frac{b^2}{o}(1 = A\varepsilon^2 + B\varepsilon^4 + C\varepsilon^6 + \ldots)\frac{\varpi}{2}$$

Die Oberfläche Z einer Zone zwischen dem Aequator und dem Parallelkreise der Breite φ' ist

$$Z = 2\varpi b^2 (\operatorname{Sin}\varphi + \frac{2}{3}\varepsilon^2 \operatorname{Sin}^3\varphi + \frac{3}{5}\delta^4 \operatorname{Sin} 5\rho + \frac{4}{7}\varepsilon^6 \operatorname{Sin}^7 + \ldots).$$

Tafel XXII.

Diese Tafel gibt die tägliche Aberration der Fixsterne in Rectascension zur Zeit ihrer Culmination, nach der Gleichung (I. S. 86)

$$d\alpha = + 0.''3 \, Cos \, \varphi \, Sec \, p$$

Die Aberration der Poldistanz verschwindet im Meridian.

Tafel XXIII.

Sie gibt das Supplement der Länge des Mondsknotens zu 360°, den Logarithmus der Horizontalparallaxe der Sonne für den Anfang jedes Monaths, und die einzelnen Tage der Monathe in Theilen des Jahres.

Man suche die Länge ☊ ☾ des Mondsknotens für den 17. May 1831. Die Tafel gibt

1831	206.°29
May 0	6.35
Tage 10	0.53
7	0.37
	213 54
	36°

☊ ☾ = 146. 46 gesuchte Länge des Mondsknotens.

Dieselbe Tafel zeigt zugleich, dass der 24. Juny der 0.48. Theil des Jahres ist. Auch hat man

Juny 0..	151 Tage
24	24
	175

oder den 24. Juny ist der 175. Tag des gemeinen Jahres. In den beyden ersten Monathen nimmt man für Schaltjahre einen Tag weniger, so dass der 0 Jänner die Zahl —1, und der 0 Februar die Zahl 30 hat. Multiplicirt man die so erhaltene Zahl, durch den constanten Factor 0.00274, so hat man z. B. für den 24. Juny...175 (0.00274) = 0.4795 oder 0.48 für den gesuchten Bruch des Jahres, wie zuvor.

Tafel XXIV.

Diese Tafel erleichtert die Interpolation, wenn man bey derselben auf die zweyten und dritten Differenzen Rücksicht nimmt. Sie ist nach der bekannten Gleichung entworfen,

$$y = A + n\Delta + \frac{n(n-1)}{1.2}\Delta' + \frac{n(-1)n(n-2)}{1.2.3}\Delta'',$$

wo A, B, C, D... die auf einander folgenden Glieder einer gegebenen Reihe, und

$\Delta = B - A$, $\Delta' = C - 2B + A$, $\Delta'' = D - 3C + 3B - A$,

die erste, zweyte und dritte Differenz der Zahlen A, B, C, D.. sind. Die Tafel enthält die Factoren

$$n, \frac{n(n-1)}{1.2}, \frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3},$$

mit welchen diese Differenzen Δ, Δ', Δ'' zu multipliciren sind, von 10 zu 10 Minuten des Tages, und also n in Theilen von 24 Stunden ausgedrückt, wo z. B. für 6 Stunden

$$n = \tfrac{1}{4} = 0.25, \frac{n(n-1)}{1.2} = -0.0937,$$

$$\text{und } \frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3} = 0.0547 \text{ ist.}$$

Die Differenzen Δ, Δ', Δ'' wird man bequem in Minuten und Theilen von Minuten ausdrücken. Die Zahlen der zweyten Columne sind immer negativ.

Ex. Seyen folgende Längen oder Rectascensionen eines Gestirns, für die auf einander folgenden Mittage gegeben.

5 May	0^h..	124° 57′ 32″
6 --	0^h..	136 47 47
7 --	0^h..	148 35 31
8 --	0^h..	160 23 26

Man suche den Ort dieses Gestirns für den 5. May $19^h 50'$. Die vorhergehenden Zahlen geben

Δ	Δ	Δ'	Δ''
+ 11° 50′ 15″ oder +	710.25		
+ 11 47 44	707.72	− 2′.52	
+ 11 47 55	707.92	+ 0.19...	+ 2′.71

Die Tafel aber gibt für $19^h 50'$

$$+0.8264\,\Delta = +586'.95$$
$$+0.0717\,\Delta' = +\quad 0.18$$
$$+0.0281\,\Delta'' = +\quad 0.08$$

$587'.21 = +9°\ 47'\ 12''6$

5. May 0^h...A = 124 57 32.6

gesuchter Ort 134° 44′ 44″.6

Seyen eben so folgende Orte gegeben

23. August	0^h..58° 17′ 32″	Δ	Δ'	Δ''
22. --	0^h..44 18 37	— 838′.92	— 27.90	
21. --	0^h..29 51 48	— 866.82	— 22.81	+ 5.09
20. --	0^h..15 2 10	— 889.63		

Um den Ort desselben für den 22. August $21^h\ 38'\ 27''$ zu finden, hat man, da diese Zeit $2^h\ 21'\ 33''$ vor dem Mittag des 23. Augusts fällt,

$$+0.0983\,\Delta = -82'.46$$
$$-0.0443\,\Delta' = +\quad 1.24$$
$$+0.0281\,\Delta'' = +\quad 0.14$$

$-81.08 = -1°\ 21'\ 5''$

A = 58 17 32

gesuchter Ort 56° 56 27″

Tafel XXV.

Diese Tafel dient zur bequemen Interpolation in den Fällen, wo schon die zweyten Differenzen genügen. Man berechnet dabey das erste Glied n Δ durch eine einfache Proportion, und setzt dazu das durch die Tafel erhaltene zweyte Glied

$$x = \frac{n(n-1)}{2}\Delta',$$

wo x positiv ist, wenn von den Zahlen der beyden ersten Reihen A und Δ, ohne Rücksicht auf ihr Zeichen, die einen wachsen, während die andern abnehmen, und wo x negativ ist oder subtrahirt wird, wenn die Zahlen jener zwey ersten Reihen ohne Rücksicht auf ihr Zeichen zugleich wachsen oder zugleich abnehmen.

Seyen folgende Orte eines Gestirns gegeben

						Δ		Δ'	
5. October	0^h	4°	38′	59″					
5.	--	12	4	48	59	10′	0″		
6.	--	0	4	55	49	6	50	3′	10″
6.	--	12	4	59	23	3	34	3	16

In Mittel ist dieser $\Delta' = 3'\ 13'' = 193''$. Man suche den Ort des Gestirns für den 5. October um $10^h\ 21'$.

Für das erste Glied hat man

$$12^h : 10' = 12^h\ 21' : x \ldots x = \quad 8'\ 37.''5$$

$$\begin{array}{rrrr} & 4^\circ & 38 & 59.0 \\ \hline & 4 & 47 & 36.5 \\ x = & & + & 11.6 \\ \hline \text{gesuchter Ort} & 40^\circ & 47' & 48.''1 \end{array}$$

Es ist nämlich für

$$\frac{10^h\ 21'}{12} = \frac{10 \cdot 35}{12} = 0.86$$

die Zahl der Tafel $N = 0.06$ und daher

$$N.\Delta' = 193\,(0.06) = 11.6.$$

Tafel XXVI.

Diese Tafel enthält die mittleren Orte der vorzüglichsten Fixsterne für den Anfang des Jahres 1800 aus Piazzi's zweytem Sterncatalog. Die jährlichen Änderungen enthalten die Präcession sowohl, als die eigene Bewegung in Rectascension und Poldistanz.

Sucht man z. B. den mittlern Ort von α Persei für den 20. October 1832, d. h. für 1832.80 (Taf. XXIII.) so hat man

$$t = 1832.80 - 1800 = 32.80.$$

Rectascension

$$\begin{array}{llrrrl} 1800 & \text{- - - - - - - -} & 47^\circ & 31' & 42.''4 & \text{- - -}\ 62.''94 \\ & +(62.''94)\ 32.80 \text{ - - -} & + & 34 & 24.4 & \\ \hline & a = & 48^\circ & 6' & 6.''8 & \end{array}$$

Poldistanz

$$\begin{array}{llrrrl} 1800 & \text{- - - - - - - - - -} & 40^\circ & 51' & 47.''0 & \text{-}\ -13.''53 \\ & -(13.53)\ 32.80 \text{ - - - -} & - & 7 & 23.8 & \\ \hline & p = & 40^\circ & 44' & 23.''2 & \end{array}$$

und diese Grössen sind die mittlere Rectascension und Poldistanz des Sterns für den 20. October 1832. Zu diesem mittlern Orte wird man dann noch die Aberration und Nutation hinzu fügen, um den scheinbaren Ort des Sterns für die gegebene Zeit zu erhalten. Ist diese Zeit vor 1800, so ist t negativ. Sucht man z. B. den mittlern Ort für 1783 den 10. May oder für 1783.36 so ist

$$t = 1783.36 - 1800 = -16.64,$$

womit man findet

$$a = 47^\circ\, 14'\, 15''.1 \text{ und } p = 40^\circ\, 55'\, 32''.1.$$

Tafel XXVII.

Diese Tafel gibt die mittlern Orte der 45 Fundamentalsterne für das Jahr 1827.00 nach Bessel's Beobachtungen Vol. VII. und Berliner Jahrbuch 1828. Die Columnen der jährlichen Bewegung enthalten die Präcession und die eigene Bewegung des Sterns, sammt der Änderung dieser Bewegung in 100 Jahren. Man wird sie in allen den Fällen anwenden, wo vorzügliche Genauigkeit gefordert wird. Der Gebrauch dieser Tafel ist derselbe mit dem der vorhergehenden.

Tafel XXVIII.

Diese Tafel enthält die vorzüglichsten doppelten und vielfachen Sterne für das Jahr 1826 nach Struve's, Herschel's und South's Beobachtungen.

Tafel I.

Geographische Lage der vorzüglichsten Orte der Erde.

	Länge von Paris			Breite.		
Abo	1h	19′	48″	60°	26′	58″
Alkmar	0	9	38	52	38	2
Aleppo	2	19	20	36	11	25
Alexandria	1	50	20	31	13	5
Algier	0	2	58	36	48	36
Altdorf	0	28	56	47	45	8
Altona	0	30	26	53	32	51
Amiens	0	0	8 W.	49	53	41
Amsterdam	0	10	12	52	22	25
Ancona	0	44	36	43	37	54
Antwerpen	0	8	16	51	13	16
Archangel	2	33	33	64	31	40
Astrahan	3	2	50	46	21	12
Athen	1	25	44	37	58	1
Augsburg	0	34	18	48	21	46
Avignon	0	9	53	43	57	8
Awatscha	10	25	46	52	51	45
Bagdad	2	48	18	33	19	40
Basel	0	21	1	47	33	34
Barcelona	0	0	41 W.	41	21	44
Batavia	6	58	15	6	12	0 S.
Bath	0	18	46 W.	51	22	30
Bayonne	0	15	15 W.	43	29	15
Bender	1	49	4	46	50	32
Bergen	0	12	2	60	24	0
Berlin	0	44	10	52	31	40
Bern	0	20	23	46	57	8
Blenheim	0	14	45 W.	51	50	25
Bologna	0	36	1	44	29	36
Bombay	4	41	12	18	56	40
Bordeaux	0	11	37 W.	44	50	14
Boston	4	53	16 W.	42	22	11
Botany-Bay	9	55	37	34	6	0 S.
Boulogne	0	2	53 W.	50	43	37
Braunau	0	42	26	48	14	0
Bremen	0	25	51	53	4	45
Breslau	0	58	48	51	6	30
Brest	0	27	18 W.	48	23	14
Bristol	0	19	43 W.	51	27	6

Tafel I.

	Länge von Paris			Breite		
Brünn	0h	57′	0″	49°	11′	28″
Brüssel	0	8	8	50	50	59
Buenos-Ayres	4	3	25W.	34	35	26 S.
Bukarest	1	35	12	44	26	45
Cadix	0	34	31W.	36	32	0
Cairo	1	55	52	30	3	20
Calais	0	1	56W.	50	57	32
Calcutta	5	44	23	22	34	15
Cambridge	0	9	3W.	52	12	36
Canton	7	22	50	23	8	9
Cap der guten Hoffnung	1	4	11	33	55	42 S.
Carlsburg	1	24	57	46	4	21
Cassel	0	29	0	51	19	20
Cattaro	1	4	51W.	42	23	35
Charkow	2	16	25	49	59	43
Christiania	0	33	54	59	55	20
Coburg	0	34	31	50	15	18
Coimbra	0	42	59W.	40	12	30
Cölln	0	18	20	50	55	21
Constantinopel	1	46	20	41	1	27
Copenhagen	0	41	2	55	41	4
Cordova	4	39	10W.	45	45	0 S.
Corfu	1	10	23	39	38	20
Cracau	1	10	23	50	3	52
Cremsmünster	0	47	12	48	3	40
Danzig	1	5	15	54	21	5
Darmstadt	0	24	58	49	56	24
Dijon	0	10	47	47	19	25
Dorpat	1	37	33	58	22	44
Dresden	0	45	4	51	2	54
Drontheim	0	32	12	63	25	50
Dublin	0	34	36W.	53	21	1
Dünkirchen	0	0	9	51	2	9
Düsseldorf	0	17	45	51	13	42
Edinburg	0	22	10W.	55	56	42
Eisenach	0	32	0	50	58	55
Emden	0	19	23	53	22	3
Erfurt	0	34	49	50	58	45
Erlangen	0	34	55	49	35	36
Ferro	1	22	0W.	27	45	0
Fiume	0	48	24	45	20	10
Florenz	0	34	54	43	46	30

Tafel I.

	Länge von Paris			Breite		
Francfurt am Main	0h	25′	3″	50°	7′	29″
Francfurt an der Oder . .	0	48	52	52	22	8
Fulda	0	29	35	50	33	57
Genf	0	15	17	46	12	0
Genua	0	26	32	44	25	0
Gibraltar	0	30	39W.	36	6	30
Glasgow	0	26	28W.	55	51	32
Goa	4	45	40	15	31	0
Gotha	0	33	35	50	56	17
Göttingen	0	30	21	51	32	5
Grätz	0	52	28	47	4	9
Greenwich	0	9	21W.	2	20	24
Greifswalde	0	44	52	54	4	35
Halberstadt	0	34	53	51	53	55
Halle	0	38	31	51	29	5
Hamburg	0	30	34	53	33	1
Hannover	0	29	31	52	22	25
Harlem	0	9	12	52	22	56
Jakutsk	8	29	29	62	1	50
Ingolstadt	0	36	22	48	45	47
Insbruck	0	36	14	47	16	8
Irkutsk	6	47	25	52	16	41
Ispahan	3	18	0	32	24	34
Jaffa	2	9	43	32	3	25
Jerusalem	2	12	0	31	47	47
Kasan	3	8	3	55	47	51
Kew	0	10	24W.	51	28	37
Kiew	1	52	30	50	27	0
Klagenfurt	0	47	59	46	37	10
Königsberg	1	12	37	54	42	50
Lausanne	0	17	41	46	31	5
Leipzig	0	40	8	51	20	16
Lilienthal	0	26	16	53	8	25
Lima	5	17	51W.	12	2	34 S.
Linz	0	47	46	48	18	54
Lissabon	0	45	47W.	38	42	20
Liverpol	0	21	8W.	53	22	0
Livorno	0	31	46	43	33	5
London	0	9	43W.	51	30	49
Luxemburg	0	15	18	49	37	38
Lyon	0	9	57	45	45	58
Madras	5	11	45	13	4	8

Tafel I.

	Länge von Paris			Breite		
Madrid	0^h	24′	9″W.	40°	25′	18″
Magdeburg	0	37	15	52	8	4
Malta	0	48	42	35	53	41
Manheim	0	24	32	49	29	18
Marseille	0	12	8	43	17	49
Memel	1	15	11	55	42	15
Messina	0	52	57	38	14	27
Mexico	6	45	42W.	19	25	45
Mayland	0	27	25	45	28	5
Mirepoix	0	1	51W.	43	5	7
Mitau	1	25	33	56	39	6
Modena	0	34	19	44	38	35
Montpellier	0	6	10	43	36	16
Moskau	2	20	51	55	45	45
München	0	36	57	48	8	20
Namur	0	10	3	50	28	30
Neapel	0	47	44	40	51	47
Nicolajeff	1	58	42	46	58	55
Odessa	1	53	40	46	30	22
Ofen	1	6	51	47	29	12
Orel	2	14	28	52	56	40
Orenburg	3	30	58	51	46	5
Orleans	0	1	42W.	47	54	12
Osnabrück	0	22	44	52	16	35
Oxford	0	14	23W.	51	45	40
Padua	0	38	10	45	23	40
Palermo	0	44	6	38	6	45
Paramatta	9	54	44	33	48	45 S.
Paris	0	0	0	48	50	14
Pavia	0	27	18	45	10	47
Peking	7	36	30	39	54	13
Perm	3	36	25	58	1	13
Petersburg	1	51	56	59	56	23
Philadelphia	5	10	7W.	39	56	55
Pic auf Teneriffa	2	3	14W.	38	27	0
Pisa	0	32	15	43	43	11
Portsmouth	0	13	45W.	50	48	2
Prag	0	48	19	50	5	19
Pressburg	0	59	22	48	8	7
Quebeck	4	54	0W.	46	47	30
Quito	5	24	22W.	0	13	17 S.
Regensburg	0	39	4	49	0	53

Tafel I.

	Länge von Paris			Breite		
Riga	1h	27′	10″	56°	57′	1″
Rio-Janeiro	3	0	20 W.	22	54	10 S.
Rom	0	40	30	41	53	54
Rotterdam	0	9	16	51	55	19
Salzburg	0	42	45	47	48	10
Smirna	1	39	6	38	28	7
Stade	0	28	33	53	36	32
Stockholm	1	2	55	59	20	31
Stralsund	0	44	48	54	19	0
Strassburg	0	21	38	48	34	56
Stuttgart	0	27	23	48	46	15
Tobolsk	4	23	4	58	11	42
Tomsk	5	31	18	56	29	38
Tornea	1	27	28	65	50	50
Toulon	0	14	22	43	7	9
Toulouse	0	3	35 W.	43	35	46
Triest	0	45	47	45	38	8
Tula	2	18	43	54	11	40
Turin	0	21	20	45	4	0
Ulm	0	30	35	48	23	20
Upsala	1	1	15	59	51	50
Utrecht	0	11	8	52	5	31
Venedig	0	40	3	45	25	53
Verona	0	34	44	45	26	7
Wardhus	1	55	7	70	22	36
Warschau	1	14	50	52	14	28
Weimar	0	36	3	50	59	12
Wien	0	56	10	48	12	35
Wilna	1	31	45	54	41	2
Wittenberg	0	41	41	51	52	39
Worms	0	24	4	49	37	49
Zürch	0	24	45	47	22	33

Tafel II.

Vergleichung der Längenmasse.

Aachen . . .	2.0969 100	Meter defin. . .	2.6466 938
Amsterdam . .	2.0985 745	Meter provis. .	2.6468 368
Antwerpen . .	2.1024 337	München . . .	2.1118 671
Augsburg . . .	2.1182 647	Neapel . . .	2.0663 259
Basel	2.1212 315	Nürnberg . .	2.1292 709
Berlin	2.1434 208	Padua	2.2785 250
Bologna . . .	2.2258 260	Palermo . . .	2.0305 997
Bremen . . .	2.1078 880	Paris	2.1583 625
Brüssel . . .	2.0870 712	Petersburg . .	2.3775 976
Cölln	2.1055 102	Prag	2.1185 954
Danzig . . .	2.1044 871	Rheinländ. Fuss	2.1434 208
Dresden . . .	2.0988 859	Rom	2.1159 432
Frankfurt a. M. .	2.1038 037	Stockholm . .	2.1192 229
Genua . . .	2.0443 437	Stuttgart . . .	2.1038 037
Gotha	2.1055 102	Turin	2.1812 718
Hamburg . . .	2.1038 037	Venedig . . .	2.1875 207
Kopenhagen . .	2.1431 085	Verona	2.1789 769
Leipzig . . .	2.0979 511	Warschau . .	2.1205 739
London . . .	2.1306 553	Wien	2.1465 311
Madrid . . .	2.0979 511	Würzburg . .	2.1156 105
Mailand . . .	2.2455 127	Zürich	2.1258 065

Tafel III.

Verwandlung des Bogens in Zeit.

Grade			Minuten						Secunden				Secunden	
	h	′		′	″		′	″		″		″		″
1	0	4	1	0	4	31	2	4	1	0.07	31	2.07	0″.1	0.01
2	0	8	2	0	8	32	2	8	2	0.13	32	2.13	0 .2	0.01
3	0	12	3	0	12	33	2	12	3	0.20	33	2.20	0 .3	0.02
4	0	16	4	0	16	34	2	16	4	0.27	34	2.27	0 .4	0.03
5	0	20	5	0	20	35	2	20	5	0.33	35	2.33	0 .5	0.03
6	0	24	6	0	24	36	2	24	6	0.40	36	2.40	0 .6	0.04
7	0	28	7	0	28	37	2	28	7	0.47	37	2.47	0 .7	0.05
8	0	32	8	0	32	38	2	32	8	0.53	38	2.53	0 .8	0.05
9	0	36	9	0	36	39	2	36	9	0.60	39	2.60	0 .9	0.06
10	0	40	10	0	40	40	2	40	10	0.67	40	2.67		
20	1	20	11	0	44	41	2	44	11	0.73	41	2.73		
30	2	0	12	0	48	42	2	48	12	0.80	42	2.80		
40	2	40	13	0	52	43	2	52	13	0.87	43	2.87		
50	3	20	14	0	56	44	2	56	14	0.93	44	2.93		
60	4	0	15	1	0	45	3	0	15	1.00	45	3.00		
70	4	40	16	1	4	46	3	4	16	1.07	46	3.07		
80	5	20	17	1	8	47	3	8	17	1.13	47	3.13		
90	6	0	18	1	12	48	3	12	18	1.20	48	3.20		
100	6	40	19	1	16	49	3	16	19	1.27	49	3.27		
200	13	20	20	1	20	50	3	20	20	1.33	50	3.33		
300	20	0	21	1	24	51	3	24	21	1.40	51	3.40		
			22	1	28	52	3	28	22	1.47	52	3.47		
			23	1	32	53	3	32	23	1.53	53	3.53		
			24	1	36	54	3	36	24	1.60	54	3.60		
			25	1	40	55	3	40	25	1.67	55	3.67		
			26	1	44	56	3	44	26	1.73	56	3.73		
			27	1	48	57	3	48	27	1.80	57	3.80		
			28	1	52	58	3	52	28	1.87	58	3.87		
			29	1	56	59	3	56	29	1.93	59	3.93		
			30	2	0	60	4	0	30	2.00	60	4.00		

Tafel IV.

Verwandlung der Zeit in Bogen.

Stund. Zeit		Zeit - Minuten						Zeit - Secunden						Zeit-Secunden	
	°		°	′		°	′		′	″		′	″		″
1	15	1	0	15	31	7	45	1	0	15	31	7	45	0.1	1.5
2	30	2	0	30	32	8	0	2	0	30	32	8	0	0.2	3.0
3	45	3	0	45	33	8	15	3	0	45	33	8	15	0.3	4.5
4	60	4	1	0	34	8	30	4	1	0	34	8	30	0.4	6.0
5	75	5	1	15	35	8	45	5	1	15	35	8	45	0.5	7.5
6	90	6	1	30	36	9	0	6	1	30	36	9	0	0.6	9.0
7	105	7	1	45	37	9	15	7	1	45	37	9	15	0.7	10.5
8	120	8	2	0	38	9	30	8	2	0	38	9	30	0.8	12.0
9	135	9	2	15	39	9	45	9	2	15	39	9	45	0.9	13.5
10	150	10	2	30	40	10	0	10	2	30	40	10	0		
11	165	11	2	45	41	10	15	11	2	45	41	10	15	0.01	0.15
12	180	12	3	0	42	10	30	12	3	0	42	10	30	0.02	0.30
13	195	13	3	15	43	10	45	13	3	15	43	10	45	0.03	0.45
14	210	14	3	30	44	11	0	14	3	30	44	11	0	0.04	0.60
15	225	15	3	45	45	11	15	15	3	45	45	11	15	0.05	0.75
16	240	16	4	0	46	11	30	16	4	0	46	11	30	0.06	0.90
17	255	17	4	15	47	11	45	17	4	15	47	11	45	0.07	1.05
18	270	18	4	30	48	12	0	18	4	30	48	12	0	0.08	1.20
19	285	19	4	45	49	12	15	19	4	45	49	12	15	0.09	1.35
20	300	20	5	0	50	12	30	20	5	0	50	12	30		
21	315	21	5	15	51	12	45	21	5	15	51	12	45		
22	330	22	5	30	52	13	0	22	5	30	52	13	0		
23	345	23	5	45	53	13	15	23	5	45	53	13	15		
24	360	24	6	0	54	13	30	24	6	0	54	13	30		
		25	6	15	55	13	45	25	6	15	55	13	45		
		26	6	30	56	14	0	26	6	30	56	14	0		
		27	6	45	57	14	15	27	6	45	57	14	15		
		28	7	0	58	14	30	28	7	0	58	14	30		
		29	7	15	59	14	45	29	7	15	59	14	45		
		30	7	30	60	15	0	30	7	30	60	15	0		

Tafel V.

Verwandlung der Minuten und Secunden in Grade oder Stunden.

Minuten	Grade oder Stunden	Minuten	Grade oder Stunden	Secunden	Grade oder Stunden	Secunden	Grade oder Stunden
1	0.016 67	31	0.516 67	1	0.000 28	31	0.008 61
2	0.033 33	32	0.533 33	2	0.000 56	32	0.008 89
3	0.050 00	33	0.550 00	3	0.000 83	33	0.009 17
4	0.066 67	34	0.566 67	4	0.001 11	34	0.009 44
5	0.083 33	35	0.583 33	5	0.001 39	35	0.009 72
6	0.100 00	36	0.600 00	6	0.001 67	36	0.010 00
7	0.116 67	37	0.616 67	7	0.001 94	37	0.010 28
8	0.133 33	38	0.633 33	8	0.002 22	38	0.010 56
9	0.150 00	39	0.650 00	9	0.002 50	39	0.010 83
10	0.166 67	40	0.666 67	10	0.002 78	40	0.011 11
11	0.183 33	41	0.683 33	11	0.003 06	41	0.011 39
12	0.200 00	42	0.700 00	12	0.003 33	42	0.011 67
13	0.216 67	43	0.716 67	13	0.003 61	43	0.011 94
14	0.233 33	44	0.733 33	14	0.003 89	44	0.012 22
15	0.250 00	45	0.750 00	15	0.004 17	45	0.012 50
16	0.266 67	46	0.766 67	16	0.004 44	46	0.012 78
17	0.283 33	47	0.783 33	17	0.004 72	47	0.013 06
18	0.300 00	48	0.800 00	18	0.005 00	48	0.013 33
19	0.316 67	49	0.816 67	19	0.005 28	49	0.013 64
20	0.333 33	50	0.833 33	20	0.005 56	50	0.013 89
21	0.350 00	51	0.850 00	21	0.005 83	51	0.014 17
22	0.366 67	52	0.866 67	22	0.006 11	52	0.014 44
23	0.383 33	53	0.883 33	23	0.006 39	53	0.014 72
24	0.400 00	54	0.900 00	24	0.006 67	54	0.015 00
25	0.416 67	55	0.916 67	25	0.006 94	55	0.015 28
26	0.433 33	56	0.933 33	26	0.007 22	56	0.015 56
27	0.450 00	57	0.950 00	27	0.007 50	57	0.015 83
28	0.466 67	58	0.966 67	28	0.007 78	58	0.016 11
29	0.483 33	59	0.983 33	29	0.008 06	59	0.016 39
30	0.500 00	60	1.000 00	30	0.008 33	60	0.016 67
		0.01	0.000 00	0.1	0.000 03		
		0.02	0.000 00	0.2	0.000 05		
		0.03	0.000 01	0.3	0.000 08		
		0.04	0.000 01	0.4	0.000 11		
		0.05	0.000 01	0.5	0.000 14		
		0.06	0.000 02	0.6	0.000 17		
		0.07	0.000 02	0.7	0.000 19		
		0.08	0.000 02	0.8	0.000 22		
		0.09	0.000 02	0.9	0.000 25		

Tafel VI.

Verwandlung der Stunden, Minuten und Secunden in Theile des Tages.

Stunden	Tage	Minuten	Tage	Minuten	Tage
1	0.041 67	1	0.000 69	31	0.021 53
2	0.083 33	2	0.001 39	32	0.022 22
3	0.125 00	3	0.002 08	33	0.022 92
4	0.166 67	4	0.002 78	34	0.023 61
5	0.208 33	5	0.003 47	35	0.024 31
6	0.250 00	6	0.004 17	36	0.025 00
7	0.291 67	7	0.004 86	37	0.025 69
8	0.333 33	8	0.005 56	38	0.026 39
9	0.375 00	9	0.006 25	39	0.027 08
10	0.416 77	10	0.006 94	40	0.027 78
11	0.458 33	11	0.007 64	41	0.028 47
12	0.500 00	12	0.008 33	42	0.029 17
13	0.541 67	13	0.009 03	43	0.029 86
14	0.583 33	14	0.009 72	44	0.030 56
15	0.625 00	15	0.010 42	45	0.031 25
16	0.666 66	16	0.011 11	46	0.031 94
17	0.708 33	17	0.011 81	47	0.032 64
18	0.750 00	18	0.012 50	48	0.033 33
19	0.791 67	19	0.013 19	49	0.034 03
20	0.833 33	20	0.013 89	50	0.034 72
21	0.875 00	21	0.014 58	51	0.035 42
22	0.916 67	22	0.015 28	52	0.036 11
23	0.958 33	23	0.015 97	53	0.036 81
24	1.000 00	24	0.016 67	54	0.037 50
		25	0.017 36	55	0.038 19
		26	0.018 06	56	0.039 00
		27	0.018 75	57	0.039 58
		28	0.019 44	58	0.040 28
		29	0.020 14	59	0.040 97
		30	0.020 83	60	0.041 67

Tafel VI.

Secunden	Tage	Secunden	Tage	Secunden	Tage
1	0.000 01	31	0.000 36	0.1	0.000 00
2	0.000 02	32	0.000 37	0.2	0.000 00
3	0.000 03	33	0.000 38	0.3	0.000 00
4	0.000 05	34	0.000 39	0.4	0.000 00
5	0.000 06	35	0.000 41	0.5	0.000 01
6	0.000 07	36	0.000 42	0.6	0.000 01
7	0.000 08	37	0.000 43	0.7	0.000 01
8	0.000 09	38	0.000 44	0.8	0.000 01
9	0.000 10	39	0.000 45	0.9	0.000 01
10	0.000 12	40	0.000 46		
11	0.000 13	41	0.000 47		
12	0.000 14	42	0.000 49		
13	0.000 15	43	0.000 50		
14	0.000 16	44	0.000 51		
15	0.000 17	45	0.000 52		
16	0.000 19	46	0.000 53		
17	0.000 20	47	0.000 54		
18	0.000 21	48	0.000 56		
19	0.000 22	49	0.000 57		
20	0.000 23	50	0.000 58		
21	0.000 24	51	0.000 59		
22	0.000 26	52	0.000 60		
23	0.000 27	53	0.000 61		
24	0.000 28	54	0.000 63		
25	0.000 29	55	0.000 64		
26	0.000 30	56	0.000 65		
27	0.000 31	57	0.000 66		
28	0.000 32	58	0.000 67		
29	0.000 34	59	0.000 68		
30	0.000 35	60	0.000 69		

Tafel VII.

Mittlere Rectascension der Sonne im mittleren Mittage Wiens in Zeit.

	Rectas. ⊙			Nutat. im Anfang des Jahrs
1828 B	18h	40.′	18.″02	0.″57
1829		39	20. 71	0. 23
1830		38	23. 41	—0. 13
1831		37	26. 10	—0. 48
1832 B		40	25. 35	—0. 70
1833		39	28. 04	—0. 99
1834		38	30. 74	—0. 08
1835		37	33. 43	—0. 06
1836 B		40	32. 68	—0. 91
1837		39	35. 37	—0. 66
1838		38	38. 07	—0. 34
1839		37	40. 76	0. 01
1840 B		40	40. 00	0. 38
1841		39	42. 70	0. 70
1842		38	45. 39	0. 94
1843		37	48. 09	1. 08
1844 B		40	47. 33	1. 09
1845		39	50. 03	0. 98
1846		38	52. 72	0. 75
1847		37	55. 42	0. 45
1848 B		40	54. 66	0. 09
1849		39	57. 36	—0. 27
1850		39	0. 05	—0. 62
1851		38	2. 74	—0. 89
1852 B		41	1. 99	—1. 05
1853		40	4. 68	—1. 10
1854		39	7. 38	—1. 03
1855		38	10. 07	—0. 85
1856 B		41	9. 32	—0. 56
1857		40	12. 01	—0. 21
1858		39	14. 70	0. 16
1859		38	17. 40	0. 51
1860 B	18	41	16. 64	0. 81

	Rectasc. ⊙		
0 Februar .	2h	2′	13″ 21
0 März . .	3	52	36. 76
0 April . .	5	54	49. 98
0 May . .	7	53	6. 64
0 Juny . .	9	55	19. 86
0 July . .	11	53	36. 52
0 August .	13	55	49. 73
0 September	15	58	2. 95
0 October .	17	56	19. 61
0 November	19	58	32. 82
0 December	21	56	49. 48

Tafel VII.

Jänner und Schaltj.	Febr. Gem.	Rectasc. ⊙		
1	0	0h	0′	0.″00
2	1	0	3	56. 55
5	2	0	7	53. 11
4	3	0	11	49. 67
5	4	0	15	46. 22
6	5	0	19	42. 78
7	6	0	23	39. 33
8	7	0	27	35. 89
9	8	0	31	32. 44
10	9	0	35	29. 00
11	10	0	39	25. 55
12	11	0	43	22. 11
13	12	0	47	18. 66
14	13	0	51	15. 22
15	14	0	55	11. 77
16	15	0	59	8. 33
17	16	1	3	4. 88
18	17	1	7	1. 44
19	18	1	10	58. 00
20	19	1	14	54. 55
21	20	1	18	51. 11
22	21	1	22	47. 66
23	22	1	26	44. 22
24	23	1	30	40. 77
25	24	1	34	37. 33
26	25	1	38	33. 88
27	26	1	42	30. 44
28	27	1	46	26. 99
29	28	1	50	23. 55
30	29	1	54	20. 10
31	30	1	58	16. 66
1. Febr.	31	2	2	13. 21

Reduction	
Berlin	1.″97
Bremen . . .	4. 98
Cambridge . .	10. 72
Copenhagen . .	2. 49
Cracau . . .	—2. 34
Cremsmünster .	1. 47
Dresden . . .	1. 82
Dublin . . .	14. 91
Göttingen . .	4. 27
Greenwich . .	10. 76
Konigsberg . .	—2. 70
Leipzig . . .	2. 63
Madrid . . .	—13.20
Manheim . . .	5. 20
Mailand . . .	4. 72
Ofen	—1. 75
Oxfort	11. 59
Palermo . . .	1. 98
Paris	9. 23
Petersburg . .	—9. 16
Prag	1. 29
Rom	2. 58
Seeberg . . .	3. 71
Wien	0. 00
Wilna	—5. 85

Fortsetzung der Tafel VII.

Acceleration der Fixsterne.

Stunden		Minuten		Minuten		Secunden		Secunden	
1	0′ 9.″83	1	0.″16	31	5. 08	1	0.″00	31	0. 08
2	0 19. 66	2	0. 33	32	5. 24	2	0. 00	32	0. 09
3	0 29. 49	3	0. 49	33	5. 41	3	0. 01	33	0. 09
4	0 39. 32	4	0. 65	34	5. 57	4	0. 01	34	0. 09
5	0 49. 15	5	0. 82	35	5. 73	5	0. 01	35	0. 10
6	0 58. 98	6	0. 98	36	5. 89	6	0. 02	36	0. 10
7	1 8. 81	7	1. 15	37	6. 06	7	0. 02	37	0. 10
8	1 18. 64	8	1. 31	38	6. 22	8	0. 02	38	0. 10
9	1 28. 46	9	1. 47	39	6. 39	9	0. 02	39	0. 11
10	1 38. 29	10	1. 64	40	6. 55	10	0. 03	40	0. 11
11	1 48. 12	11	1. 80	41	6. 72	11	0. 03	41	0. 11
12	1 57. 95	12	1. 97	42	6. 88	12	0. 03	42	0. 11
13	2 7. 78	13	2. 13	43	7. 04	13	0. 04	43	0. 12
14	2 17. 61	14	2. 29	44	7. 21	14	0. 04	44	0. 12
15	2 27. 44	15	2. 46	45	7. 37	15	0. 04	45	0. 12
16	2 37. 27	16	2. 62	46	7. 54	16	0. 04	46	0. 13
17	2 47. 10	17	2. 78	47	7. 70	17	0. 05	47	0. 13
18	2 56. 93	18	2. 95	48	7. 86	18	0. 05	48	0. 13
19	3 6. 76	19	3. 11	49	8. 03	19	0. 05	49	0. 13
20	3 16. 59	20	3. 28	50	8. 19	20	0. 05	50	0. 14
21	3 26. 42	21	3. 44	51	8. 35	21	0. 06	51	0. 14
22	3 36. 25	22	3. 60	52	8. 52	22	0. 06	52	0. 14
23	3 46. 08	23	3. 77	53	8. 68	23	0. 06	53	0. 14
24	3 55. 91	24	3. 93	54	8. 85	24	0. 07	54	0. 15
		25	4. 10	55	9. 01	25	0. 07	55	0. 15
		26	4. 26	56	9. 17	26	0. 07	56	0. 15
		27	4. 42	57	9. 34	27	0. 07	57	0. 16
		28	4. 59	58	9. 50	28	0. 08	58	0. 16
		29	4. 75	59	9. 67	29	0. 08	59	0. 16
		30	4. 91	60	9. 83	30	0. 08	60	0. 16

Tafel VIII.

A b e r r a t i o n.

Arg. Länge der Sonne.

	0°	180°	30°	210°	60°	240°	
	log. x	y +	log. x	y +	log. x	y +	
0	1.2690	0° 0′	1.2790	2° 11′	1.2977	2° 6′	30
1	1.2690	0 5	1.2796	2 14	1.2983	2 3	29
2	1.2691	0 11	1.2802	2 16	1.2988	2 0	28
3	1.2692	0 16	1.2808	2 18	1.2993	1 57	27
4	1.2692	0 22	1.2815	2 20	1.2998	1 54	26
5	1.2693	0 27	1.2821	2 21	1.3003	1 51	25
6	1.2695	0 32	1.2827	2 23	1.3008	1 47	24
7	1.2696	0 37	1.2834	2 24	1.3012	1 44	23
8	1.2698	0 43	1.2840	2 25	1.3017	1 40	22
9	1.2700	0 48	1.2847	2 26	1.3021	1 36	21
10	1.2703	0 53	1.2853	2 27	1.3025	1 32	20
11	1.2705	0 58	1.2860	2 28	1.3028	1 28	19
12	1.2708	1 3	1.2866	2 28	1.3032	1 24	18
13	1.2711	1 8	1.2873	2 28	1.3036	1 20	17
14	1.2714	1 12	1.2879	2 28	1.3039	1 16	16
15	1.2818	1 17	1.2886	2 28	1.3042	1 11	15
16	1.2721	1 22	1.2892	2 28	1.3045	1 7	14
17	1.2725	1 26	1.2899	2 27	1.3048	1 3	13
18	1.2729	1 30	1.2905	2 27	1.3050	0 58	12
19	1.2733	1 34	1.2912	2 26	1.3053	0 53	11
20	1.2738	1 39	1.2918	2 25	1.3055	0 49	10
21	1.2742	1 42	1.2924	2 24	1.3057	0 44	9
22	1.2747	1 46	1.2931	2 22	1.3059	0 39	8
23	1.2752	1 50	1.2938	2 21	1.3060	0 34	7
24	1.2757	1 53	1.2944	2 19	1.3061	0 30	6
25	1.2762	1 57	1.2949	2 17	1.3063	0 25	5
26	1.2768	2 0	1.2956	2 15	1.3064	0 20	4
27	1.2773	2 3	1.2961	2 13	1.3064	0 15	3
28	1.2779	2 6	1.2966	2 11	1.3065	0 10	2
29	1.2785	2 9	1.2972	2 8	1.3065	0 5	1
30	1.2790	2 11	1.2977	2 6	1.3065	0 0	0
	log. x	— y	log. x	— y	log. x	— y	
	150	330	120	300	90	270	

Tafel VIII.

Arg. Länge der Sonne ± (90 — p)

	0 180	30 210	60 240	
	+ —	+ —	+ —	
0	4."0	3."5	2."0	30
1	4. 0	3. 5	2. 0	29
2	4. 0	3. 4	1. 9	28
3	4. 0	3. 4	1. 8	27
4	4. 0	3. 3	1. 8	26
5	4. 0	3. 3	1. 7	25
6	4. 0	3. 3	1. 6	24
7	4. 0	3. 3	1. 6	23
8	4. 0	3. 2	1. 5	22
9	4. 0	3. 2	1. 4	21
10	4. 0	3. 1	1. 4	20
11	4. 0	3. 1	1. 3	19
12	3. 9	3. 0	1. 2	18
13	3. 9	2. 9	1. 2	17
14	3. 9	2. 9	1. 1	16
15	3. 9	2. 8	1. 0	15
16	3. 9	2. 8	1. 0	14
17	3. 9	2. 7	0. 9	13
18	3. 8	2. 7	0. 8	12
19	3. 8	2. 6	0. 8	11
20	3. 8	2. 6	0. 7	10
21	3. 8	2. 5	0. 6	9
22	3. 7	2. 5	0. 6	8
23	3. 7	2. 4	0. 5	7
24	3. 7	2. 4	0. 4	6
25	3. 7	2. 3	0. 3	5
26	3. 6	2. 3	0. 3	4
27	3. 6	2. 2	0. 2	3
28	3. 6	2. 1	0. 1	2
29	3. 5	2. 1	0. 1	1
30	3. 5	2. 0	0. 0	0
	— +	— +	— +	
	150 330	120 300	90 270	

$$da = -\frac{x\,\text{Cos.}(\odot + y - a)}{\text{Sin. p}}$$

$$dp = + x\,\text{Sin.}(\odot + y - a)\,\text{Cos.p}$$

$+$ Zahl von $\odot + (90 - p)$

$+$ Zahl von $\odot - (90 - p)$

Tafel IX.

Nutation.

Arg. Länge des Knotens der Mondsbahn.

	0		180	30		210	60		240	
	log. x	y −	z − +	log. x	y −	z − +	log. x	y −	z − +	
0	0.9531	0° 0′	0.″00	0.9275	6° 45′	7.″70	0.8647	7° 48′	13.″33	30
1	0.9531	0 15	0. 27	0.9258	6 54	7. 93	0.8625	7 40	13. 46	29
2	0.9530	0 31	0. 54	0.9241	7 3	8. 16	0.8604	7 32	13. 59	28
3	0.9529	0 46	0. 80	0.9223	7 12	8. 39	0.8583	7 23	13. 72	27
4	0.9527	1 1	1. 07	0.9205	7 20	8. 61	0.8562	7 14	13. 84	26
5	0.9524	1 16	1. 34	0.9187	7 28	8. 83	0.8541	7 4	13. 95	25
6	0.9521	1 32	1. 61	0.9168	7 36	9. 05	0.8521	6 53	14. 06	24
7	0.9517	1 47	1. 88	0.9149	7 43	9. 26	0.8501	6 42	14. 17	23
8	0.9513	2 2	2. 14	0.9129	7 49	9. 48	0.8482	6 29	14. 27	22
9	0.9508	2 17	2. 41	0.9109	7 56	9. 69	0.8463	6 17	14. 37	21
10	0.9502	2 31	2. 67	0.9089	8 1	9.90	0.8445	6 3	14. 47	20
11	0.9496	2 46	2. 94	0.9069	8 6	10.10	0.8427	5 49	14. 56	19
12	0.9489	3 1	3. 20	0.9048	8 10	10.30	0.8410	5 35	14. 64	18
13	0.9483	3 15	3. 46	0.9027	8 14	10.50	0.8394	5 20	14. 72	17
14	0.9474	3 29	3. 72	0.9005	8 17	10.70	0.8378	5 4	14. 80	16
15	0.9465	3 43	3. 98	0.8984	8 20	10.89	0.8363	4 48	14. 87	15
16	0.9456	3 57	4. 24	0.8962	8 23	11.08	0.8349	4 31	14. 94	14
17	0.9447	4 12	4. 50	0.8940	8 24	11.26	0.8336	4 14	15. 00	13
18	0.9437	4 24	4. 76	0.8917	8 25	11.44	0.8324	3 56	15. 06	12
19	0.9426	4 37	5. 01	0.8895	8 25	11.62	0.8312	3 38	15. 11	11
20	0.9415	4 50	5. 27	0.8873	8 25	11.79	0.8302	3 20	15. 16	10
21	0.9403	5 3	5. 52	0.8850	8 24	11.96	0.8292	3 1	15. 21	9
22	0.9391	5 16	5. 77	0.8827	8 23	12.13	0.8283	2 41	15. 25	8
23	0.9378	5 28	6. 02	0.8805	8 21	12.28	0.8275	2 22	15. 28	7
24	0.9365	5 40	6. 26	0.8782	8 18	12.45	0.8268	2 2	15. 31	6
25	0.9351	5 51	6. 51	0.8759	8 15	12.61	0.8263	1 42	15. 34	5
26	0.9337	6 3	6. 75	0.8737	8 11	12.76	0.8258	1 22	15. 36	4
27	0.9322	6 14	6. 99	0.8714	8 6	12.91	0.8254	1 2	15. 37	3
28	0.9307	6 24	7. 23	0.8691	8 1	13.06	0.8252	0 41	15. 39	2
29	0.9291	6 35	7. 46	0.8670	7 55	13.20	0.8250	0 21	15. 39	1
30	0.9275	6 45	7. 70	0.8647	7 48	13.33	0.8249	0 0	15. 40	0
	log. x	+ y	− + z	log. x	+ y	− + z	log. x	+ y	− + z	
	150		330	120		300	90		270	

$$d\alpha = -x\,\frac{\mathrm{Cos.}\,(\Omega + y - a)}{\mathrm{Tang.}\ p} + z, \qquad dp = +x\,\mathrm{Sin.}\,(\Omega + y - a)$$

Tafel X.

$$\frac{2 \operatorname{Sin}^2 \frac{1}{2} \theta}{\operatorname{Sin} 1''}$$

″	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′
0	0.″0	2.″0	7.8	17.7	31.4	49.1	70.7
1	0. 0	2. 0	8.0	17.9	31.7	49.4	71.1
2	0. 0	2. 1	8.1	18.1	31.9	49.7	71.5
3	0. 0	2. 2	8.2	18.3	32.2	50.1	71 9
4	0. 0	2. 2	8.4	18.5	32.5	50.4	72.3
5	0. 0	2. 3	8.5	18.7	32.7	50.7	72.7
6	0. 0	2. 4	8.7	18.9	33.0	51.1	73.1
7	0. 0	2. 4	8.8	19.1	33.3	51.5	73.5
8	0. 0	2. 5	8.9	19.3	33.5	51.7	73.9
9	0. 0	2. 6	9.1	19.5	33.8	52.1	74.3
10	0. 1	2. 7	9.2	19.7	34.1	52.4	74.7
11	0. 1	2. 7	9.4	19.9	34.4	52 7	75.1
12	0. 1	2. 8	9.5	20.1	34.6	53.1	75.5
13	0. 1	2. 9	9.6	20.3	34.9	53.4	75.9
14	0. 1	3. 0	9.8	20.5	35.2	53.8	76.3
15	0. 1	3. 1	9.9	20.7	35.5	54.1	76.7
16	0. 1	3. 1	10.1	20.9	35.7	54.5	77.1
17	0. 2	3. 2	10.2	21.2	36.0	54.8	77.5
18	0. 2	3. 3	10.4	21.4	36.3	55.1	77.9
19	0. 2	3. 4	10.5	21.6	36.6	55.5	78.3
20	0. 2	3. 5	10.7	21.8	36.9	55.8	78.8
21	0. 3	3. 6	10.8	22.0	37.2	56.2	79.2
22	0. 3	3. 7	11.0	22.3	37.4	56.5	79.6
23	0. 3	3. 8	11.1	22.5	37.7	56.9	80.0
24	0. 3	3. 8	11.3	22.7	38.0	57.3	80.4
25	0. 3	3. 9	11.5	22.9	38.3	57.6	80.8
26	0. 4	4. 0	11.6	23.1	38.6	58.0	81.3
27	0. 4	4. 1	11.8	23.4	38.9	58.3	81.7
28	0. 4	4. 2	11.9	23.6	39.2	58.7	82.1
29	0. 5	4. 3	12 1	23.8	39.5	59.0	82.5
30	0. 5	4. 4	12.3	24.0	39.8	59.4	83.0

Tafel X.

$$\frac{2\,\mathrm{Sin}^2\,\frac{1}{2}\,\theta}{\mathrm{Sin}\,1''}$$

″	7′	8′	9′	10′	11′	12′	″
0	96.2	125.7	159.0	196.3	237.5	282.7	0
1	96.9	126·2	159.6	197.0	238.3	283.5	1
2	97.1	126.7	160.2	197.6	239.0	284.2	2
3	97.6	127.2	160.8	198.3	239.7	285.0	3
4	98.1	127.8	161.4	198.9	240.4	285.8	4
5	98.5	128.3	162.0	199.6	241.2	286.6	5
6	99.0	128.8	162.6	200.3	241.9	287.4	6
7	99.4	129.4	163.2	200.9	242.6	288.2	7
8	99.9	129.9	163.8	201.6	243.3	289.0	8
9	100.4	130.4	164.4	202.2	244.1	289.8	9
10	100.8	131.0	165.0	202.9	244.8	290.6	10
11	101.3	131.5	165.6	203.6	245.5	291.4	11
12	101.8	132.0	166.2	204.2	246.2	292.2	12
13	102.3	132.6	166.8	204.9	247.0	293.0	13
14	102.7	133.1	167.4	205.6	247.7	293.8	14
15	103.2	133.6	168.0	206.3	248.5	294.6	15
16	103.7	134.2	168.6	206.9	249.2	295.4	16
17	104.2	134.7	169.2	207.6	249.9	296.2	17
18	104.6	135.3	169.8	208.3	250.7	297.0	18
19	105.1	135.8	170.4	208.9	251.4	297.8	19
20	105.6	136.4	171.0	209.6	252.2	298.6	20
21	106.1	136.9	171.6	210.3	252.9	299.4	21
22	106.6	137.4	172.2	211.0	253.6	300.2	22
23	107.0	138.0	172.9	211.6	254.4	301.0	23
24	107.5	138.5	173.5	212.3	255.1	301.8	24
25	108.0	139.1	174.1	213.0	255.9	302.6	25
26	108.5	139.6	174.7	213.7	256.6	303.5	26
27	109.0	140.2	175.3	214.4	257.4	304.3	27
28	109.5	140.7	175.9	215.1	258.1	305.1	28
29	110.0	141.3	176.6	215.8	258.9	305.9	29
30	110.4	141.8	177.2	216.4	259.6	306.7	30

Tafel X.

$$\frac{2\ \mathrm{Sin}^2\ \frac{1}{2}\,\theta}{\mathrm{Sin}\ 1''}$$

″	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′
30	0.″5	4.″4	12.″3	24.″0	39.″8	59.″4	83.″0
31	0. 5	4. 5	12. 4	24. 3	40. 1	59. 8	83. 4
32	0. 6	4. 6	12. 6	24. 5	40. 3	60. 1	83. 8
33	0. 6	4. 7	12. 8	24. 7	40. 6	60. 4	84. 2
34	0. 6	4. 8	12. 9	25. 0	40. 9	60. 8	84. 7
35	0. 7	4. 9	13. 1	25. 2	41. 2	61. 2	85. 1
36	0. 7	5. 0	13. 3	25. 4	41. 5	61. 6	85. 5
37	0. 7	5. 1	13. 4	25. 7	41. 8	61. 9	86. 0
38	0. 8	5. 2	13. 6	25. 9	42. 1	62. 3	86. 4
39	0. 8	5. 3	13. 8	26. 2	42. 5	62. 7	86. 8
40	0. 9	5. 4	14. 0	26. 4	42. 8	63. 0	87. 3
41	0. 9	5. 6	14. 1	26. 6	43. 1	63. 4	87. 7
42	1. 0	5. 7	14. 3	26. 9	43. 4	63. 8	88. 1
43	1. 0	5. 8	14. 5	27. 1	43. 7	64. 2	88. 6
44	1. 1	5. 9	14. 7	27. 4	44. 0	64. 5	89. 0
45	1. 1	6. 0	14. 8	27. 6	44. 3	64. 9	89. 5
46	1. 2	6. 1	15. 0	27. 9	44. 6	65. 3	89. 9
47	1. 2	6. 2	15. 2	28. 1	44. 9	65. 7	90. 3
47	1. 3	6. 4	15. 4	28. 3	45. 2	66. 0	90. 8
49	1. 3	6. 5	15. 6	28. 6	45. 5	66. 4	91. 2
50	1. 4	6. 6	15. 8	28. 8	45. 9	66. 8	91. 7
51	1. 4	6. 7	15. 9	29. 1	46. 2	67. 2	92. 1
52	1. 5	6. 8	16. 1	29. 4	46. 5	67. 6	92. 6
53	1. 5	7. 0	16. 3	29. 6	46. 8	68. 0	93. 0
54	1. 6	7. 1	16. 5	29. 9	47. 1	68. 3	93. 5
55	1. 6	7. 2	16. 7	30. 1	47. 5	68. 7	93. 9
56	1. 7	7. 3	16. 9	30. 4	47. 8	69. 1	94. 4
57	1. 8	7. 5	17. 2	30. 6	48. 1	69. 5	94. 8
58	1. 8	7. 6	17. 3	30. 9	48. 4	69. 8	95. 3
59	1. 9	7. 7	17. 5	31. 1	48. 8	70. 3	95. 7
60	2. 0	7. 8	17. 7	31. 4	49. 1	70. 7	96. 2

Tafel X.

"	7'	8'	9'	10'	11'	12'	"
30	110."4	141."8	177."2	216."4	259."6	306."7	30
31	110. 9	142. 4	177. 8	217. 1	260. 4	307. 5	31
32	111. 4	143. 0	178. 4	217. 8	261. 1	308. 4	32
33	111. 9	143. 5	179. 0	218. 5	261. 9	309. 2	33
34	112. 4	144. 1	179. 7	219. 2	262. 6	310. 0	34
35	112. 9	144. 6	180. 3	219. 9	263. 4	310. 8	35
36	113. 4	145. 2	180. 9	220. 6	264. 1	311. 6	36
37	113. 9	145. 8	181. 6	221. 3	264. 9	312. 5	37
38	114. 4	146. 3	182. 2	222. 0	265. 7	313. 3	38
39	114. 9	146. 9	182. 8	222. 7	266. 4	314. 2	39
40	115. 4	147. 5	183. 4	223. 4	267. 2	315. 0	40
41	115. 9	148. 0	184. 1	224. 1	267. 9	315. 8	41
42	116. 4	148. 6	184. 7	224. 8	268. 7	316. 6	42
43	116. 9	149. 2	185. 4	225. 3	269. 5	317. 4	43
44	117. 4	149. 7	186. 0	226. 2	270. 2	318. 3	44
45	117. 9	150. 3	186. 5	226. 9	271. 0	319. 1	45
46	118. 4	150. 9	187. 3	227. 6	271. 8	319. 9	46
47	118. 9	151. 5	187. 9	228. 3	272. 6	320. 8	47
48	119. 5	152. 0	188. 5	229. 0	273. 3	321. 6	48
49	120. 0	152. 6	189. 2	229. 7	274. 1	322. 4	49
50	120. 5	153. 2	189. 8	230. 4	274. 9	323. 3	50
51	121. 0	153. 8	190. 5	231. 1	275. 6	324. 1	51
52	121. 5	154. 4	191. 1	231. 8	276. 4	325. 0	52
53	122. 0	154. 9	191. 8	232. 5	277. 2	325. 8	53
54	122. 5	155. 5	192. 4	233. 3	278. 0	326. 7	54
55	123. 1	156. 1	193. 1	234. 0	278. 9	327. 5	55
56	123. 6	156. 7	193. 7	234. 7	279. 5	328. 4	56
57	124. 1	157. 3	194. 4	235. 4	280. 4	329. 2	57
58	124. 6	157. 8	195. 0	236. 1	281. 1	330. 0	58
59	125. 1	158. 4	195. 7	236. 8	281. 9	330. 9	59
60	125. 7	159. 0	196. 3	237. 5	282. 7	331. 8	60

Tafel IX.

Correspondirende Höhen.

Erster Theil. Durch Tang. Polhöhe zu multipliciren.
Arg. Halbe Zwischenzeit und wahre Länge der Sonne.

°	2h 0′	2h 30′	3h 0′	3h 30′	4h 0′	4h 30′	5h 0′
0	−15.″79	−16.″23	−16.73	−17.40	−18.23	−19.23	−20.45
10	−15. 50	−15. 93	−16.43	−17.10	−17.90	−18.90	−20.06
20	−14. 80	−15. 20	−15.70	−16.33	−17.10	−18.03	−19.16
30	−13. 72	−14. 08	−14.53	−15.12	−15.83	−16.70	−17.75
40	−12. 23	−12. 56	−12.96	−13.49	−14.13	−14.88	−15.83
50	−10. 35	−10. 66	−11.00	−11.45	−12.00	−12.63	−13.43
60	− 8. 15	− 8. 39	− 8.65	− 9.00	− 9.42	− 9.93	−10.56
70	− 5. 61	− 5. 76	− 5.96	− 6.20	− 6.49	− 6.85	− 7.25
80	− 2. 86	− 2. 95	− 3.05	− 3.16	− 3.32	− 3.50	− 3.72
90	0. 00	0. 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	2. 86	2. 95	3.05	3.16	3.31	3.50	3.70
110	5. 60	5. 75	5.95	6.19	6.49	6.83	7.25
120	8. 12	8. 33	8.60	8.95	9.36	9.88	10.50
130	10. 32	10. 59	10.92	11.35	11.90	12.55	13.33
140	12. 15	12. 48	12.86	13.40	14.02	14.73	15.72
150	13. 60	13. 96	14.42	15.00	15.70	16.53	17.60
160	14. 66	15. 06	15.55	16.16	16.93	17.85	18.98
170	15. 35	15. 76	16.29	16.92	17.72	18.68	19.86
180	15. 63	16. 05	16.59	17.23	18.05	19.03	20.23
190	15. 52	15. 93	16.46	17.12	17.93	18.90	20.10
200	15. 00	15. 38	15.90	16.53	17.32	18.26	19.42
210	14. 05	14. 41	14.89	15.50	16.23	17.12	18.18
220	12. 66	13. 00	13.43	13.98	14.63	15.42	16.38
230	10. 83	11. 13	11.50	11.96	12.53	13.22	14.02
240	8. 58	8. 82	9.12	9.40	9.93	10.46	11.12
250	5. 98	6. 12	6.32	6.59	6.90	7.26	7.73
260	3. 06	3. 15	3.25	3.39	3.53	3.73	3.96
270	0. 00	0. 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
280	− 3. 06	− 3. 15	− 3.25	− 3.39	− 3.53	− 3.73	− 4.00
290	− 6. 00	− 6. 15	− 6.33	− 6.60	− 6.92	− 7.30	− 7.75
300	− 8. 63	− 8. 86	− 9.15	− 9.52	−10.00	−10.52	−11.16
310	−10. 92	−11. 22	−11.58	−12.03	−12.60	−13.30	−14.12
320	−12. 76	−13. 12	−13.53	−14.08	−14.73	−15.53	−16.52
330	−15. 16	−14. 56	−15.03	−15.63	−16.36	−17.26	−18.35
340	−15. 13	−15. 56	−16.06	−16.70	−17.49	−18.43	−19.60
350	−15. 66	−16. 12	−16.62	−17.26	−18.10	−19.08	−20.30
360	−15. 79	−16. 23	−16.73	−17.40	−18.23	−19.23	−20.45

Tafel XI.

°	5h 30′	6h 0′	6h 30′	7h 0′	7h 30′	8h 0′	8h 30′	9h 0′
0	—21.92	—23.08	25.84	28.61	32.05	36.47	42.30	50.25
10	—21.50	—23.25	25.65	28.05	31.40	35.75	41.46	49.26
20	—20.53	—22.20	24.47	26.75	29.97	34.10	39.55	47.00
30	—19.02	—20.56	22.65	24.74	27.71	31.54	36.58	43.46
40	—16.96	—18.35	20.18	22.02	24.67	28.07	32.56	38.68
50	—14.38	—15.55	17.08	18.61	20.85	23.73	27.52	32.69
60	—11.30	—12.23	13.39	14.56	16.31	18.56	21.52	25.57
70	— 7.80	— 8.43	9.19	9.96	11.16	12.70	14.73	17.49
80	— 4.00	— 4.30	4.63	4.96	5.55	6.32	7.33	8.78
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	3.96	4.30	— 4.87	— 5.44	— 6.09	— 6.93	— 8.04	— 9.55
110	7.76	8.41	— 9.39	—10.38	—11.63	—13.23	—15.34	—18.23
120	11.23	12.16	—13.52	—14.89	—16.68	—18.98	—22.01	—26.14
130	14.28	15.45	—17.14	—18.83	—21.09	—24.00	—27.83	—33.07
140	16.83	18.20	—20.16	—22.12	—24.77	—28.19	—32.70	—38.84
150	18.85	20.30	—22.51	—24.72	—27.69	—31.51	--36.54	—43.41
160	20.35	22.00	—24.30	—26.61	—29.81	—33.93	—39.35	—46.75
170	21.28	23.03	—25.41	—27.81	—31.15	—35.45	—41.12	—48.85
180	21.68	23.46	—25.88	—28.30	—31.73	—36.07	—41.84	—49.70
190	21.53	23.28	—25.69	—28.10	—31.44	—35.77	—41.49	—49.29
200	20.80	22.48	—24.78	—27.08	—30.34	—34.52	—40.05	—47.57
210	19.49	21.08	—23.20	—25.33	—28.38	—32.29	—37.45	—44.49
220	17.56	19.00	—20.89	—22.78	—25.52	—29.04	—33.68	—40.02
230	15.03	16.26	—17.87	—19.44	—21.77	—24.78	—28.73	—34.14
240	11.92	12.89	—14.10	—15.32	—17.17	—19.54	—22.66	—26.92
250	8.26	8.97	— 9.76	—10.55	—11.81	—13.44	—15.59	—18.52
260	4.25	4.60	— 4.92	— 5.25	— 5.88	— 6.69	— 7.76	— 9.22
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
280	— 4.25	— 4.60	5.21	5.83	6.53	7.44	8.62	10.25
290	— 8.30	— 8.99	10.05	11.11	12.44	14.16	16.42	19.51
300	—11.98	—12.92	14.39	15.87	17.77	20.23	23.46	27.87
310	—15.13	—16.36	18.16	19.96	22.36	25.46	29.51	35.05
320	—17.70	—19.15	21.21	23.28	23.08	29.68	34.42	40.89
330	—19.66	—21.26	23.53	25.80	28.90	32.89	38.14	45.32
340	—21.00	—22.70	25.10	27.51	30.82	35.07	40.68	48.32
350	—21.75	—23.50	25.97	28.44	31.86	36.26	42.05	49.95
360	—21.91	—23.67	26.14	28.61	32.05	36 47	42.30	50.25

Tafel XII.

Correspondirende Höhen.

Zweyter Theil.

Arg. Halbe Zwischenzeit und wahre Länge der Sonne.

	2h 0′	2h 30′	3h 0′	3h 30′	4h 0′	4h 30′	5h 0′	5h 30′
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0 93	0.86	0.80	0.72	0.61	0.50	0.39	0.20
20	1.76	1.66	1.52	1.36	1.16	0.98	0.70	0.36
30	2.42	2.26	2.09	1.87	1.60	1.30	0.93	0.52
40	2.82	2.66	2.43	2.19	1.86	1.52	1.09	0.59
50	2.90	2.72	2.50	2.23	1.92	1.56	1.12	0.60
60	2 58	2.45	2.15	2.00	1.73	1.40	1.02	0.53
70	1.96	1.85	1.70	1.52	1.32	1.05	0.76	0.42
80	1.06	1.00	0.92	0.83	0.72	0.56	0.42	0.23
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	—1.06	—1.00	—0.92	—0.83	—0.72	—0.56	—0.42	—0.23
110	—1.98	—1.83	—1.69	—1.52	—1.30	—1.05	—0.76	—0.42
120	—2.59	—2.43	—2.23	—2.00	—1.72	—1.23	—1.00	—0.53
130	—2.86	—2.70	—2.46	—2.22	—1.90	—1.53	—1.10	—0.60
140	—2.79	—2.63	—2.42	—2.16	—1.87	—1.50	—1.07	—0.59
150	—2.40	—2.26	—2.09	—1.86	—1.60	—1.28	—0.92	—0.50
160	—1.75	—1.65	—1.52	—1.36	—1.16	—0.93	—0.79	—0.36
170	—0.88	—0.86	—0.80	—0.72	—0.62	—0.50	—0.36	—0.20
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
190	0.93	0.86	0.80	0.72	0.62	0.50	0.36	0.20
200	1.78	1.70	1.55	1.39	1.19	0.96	0.70	0.36
210	2.47	2.33	2.13	1.92	1.65	1.33	1.00	0.51
220	2.92	2.73	2.52	2.25	1.95	1.56	1.13	0.60
230	3.02	2.83	2.61	2.33	2.02	1.63	1.16	0.63
240	2.73	2.59	2.38	2.13	1.82	1.46	1.05	0.58
250	2.09	1.98	1.82	1.62	1.38	1.12	0.80	0.43
260	1.13	1.07	1.00	0.88	0.75	0.62	0.43	0.25
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
280	—1.13	—1.07	—1.00	—0.90	—0.75	—0.62	—0.43	—0.25
290	—2.09	—1.98	—1.82	—1.61	—1.38	—1.13	—0.82	—0.43
300	—2.73	—2.58	—2.38	—2.13	—1.83	—1.49	—1.07	—0.58
310	—3.03	—2.85	—2.62	—2.35	—2.02	—1.63	—1.19	—0.63
320	—2.93	—2.75	—2.53	—2.26	—1.95	—1.58	—1.13	—0.62
330	—2.49	—2.35	—2.16	—1.93	—1.66	—1.33	—0.97	—0.52
340	—1.78	—1.70	—1.56	—1.40	—1.20	—0.96	—0.70	—0.36
350	—0.93	—0.89	—0.82	—0.73	—0.63	—0.52	—0.37	—0.20
360	0 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 00	0.00

Tafel XII.

	$6^h\ 0'$	$6^h\ 30'$	$7^h\ 0'$	$7^h\ 30'$	$8^h\ 0'$	$8^h\ 30'$	$9^h\ 0'$
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	—0.25	—0.50	—0.83	—1.24	—1.75	—2.41
20	0.00	—0.47	—0.95	—1.58	—2 34	—3.31	—4.57
30	0.00	—0.65	—1.30	—2.16	—3.20	—4.52	—6.24
40	0.00	—0.75	—1.51	—2.50	—3.72	—5.25	—7.24
50	0.00	—0.77	—1.54	—2.56	—3.80	—5.37	—7.41
60	0.00	—0.69	—1.38	—2.29	—3.41	—4.81	—6.64
70	0.00	—0.52	—1.04	—1.72	—2 56	—3.62	—5.00
80	0.00	—0.27	—0.55	—0.91	—1.07	—1.90	—2.63
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.30	0.60	1.00	1.48	2.09	2.88
110	0.00	0.54	1.08	1.80	2.67	3.77	5.20
120	0.00	0.71	1.42	2.34	3.49	4.92	6.79
130	0.00	0.78	1.56	2.59	3.84	5.43	7.49
140	0.00	0.76	1.52	2.51	3.73	5.27	7.27
150	9.00	0.65	1.30	2.15	3.20	4.52	6.24
160	0.00	0.47	0.95	1.57	2.33	3.29	4.54
170	0.00	0.25	0.50	0.83	1.23	1.74	2.39
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
190	0.00	—0.25	—0.50	—0.83	—1.24	—1.75	—2.41
200	0.00	—0.48	—0.96	—1.59	—2.37	—3.35	—4.62
210	0.00	—0.66	—1.33	—2.21	—3.28	—4.63	—6.39
220	0.00	—0.78	—1.56	—2.58	—3.84	—5.43	—7.49
230	0.00	—0.81	—1.61	—2.67	—3.96	—5.60	—7.73
240	0.00	—0.73	—1.46	—2.41	—3.59	—5.07	—6.91
250	0.00	—0.54	—1.09	—1.81	—2.71	—3.83	—5.28
260	0.00	—0.28	—0.57	—0.96	—1.43	—2.01	—2.78
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
280	0.00	0.32	0.64	1.06	1.58	2.24	3.09
290	0.00	0.58	1.16	1.92	2.86	4.03	5.57
300	0.00	0.75	1.51	2.50	3.71	5.25	7.29
310	0.00	0.82	1.65	2.74	4.07	5.75	7.94
320	0.00	0.79	1.59	2.64	3.92	5.54	7.65
330	0.00	0.68	1.36	2.25	3.34	4.72	6.51
340	0.00	0.49	0.98	1.62	2.41	3.40	4.69
350	0.00	0.25	0 51	0.84	1.26	1.77	2.45
360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tafel XIII.

Zur Bestimmung der Polhöhe durch den Polarstern.

θ	M	N	θ	M	N
0h 0′	0.″0	0.″0	3h 0′	43.″6	0.″6
5	0. 0	0. 0	5	45. 5	0. 6
10	0. 2	0. 0	10	47. 4	0. 6
15	0. 4	0. 0	15	49. 3	0. 6
20	0. 7	0. 0	20	51. 2	0. 6
25	1. 0	0. 0	25	53. 1	0. 6
30	1. 5	0. 0	30	54. 9	0. 6
35	2. 0	0. 0	35	56. 7	0. 6
40	2. 6	0. 0	40	58. 6	0. 6
45	3. 3	0. 1	45	60. 3	6. 6
50	4. 1	0. 1	50	62. 1	0. 6
55	4. 9	0. 1	55	63. 8	0. 6
1 0	5. 8	0. 1	4 0	65. 4	0. 6
5	6. 8	0. 1	5	67. 1	0. 6
10	7. 9	0. 1	10	68. 7	0. 6
15	9. 0	0. 2	15	70. 2	0. 6
20	10. 2	0. 2	20	71. 7	0. 6
25	11. 5	0. 2	25	73. 1	0. 6
30	12. 8	0. 2	30	74. 5	0. 5
35	14. 1	0. 2	35	75. 8	0. 5
40	15. 6	0. 2	40	77. 1	0. 5
45	17. 1	0. 2	45	78. 2	0. 5
50	18. 6	0. 2	50	79. 4	0. 5
55	20. 2	0. 3	55	80. 4	0. 4
2 0	21. 8	0. 3	5 0	81. 4	0. 4
5	23. 5	0. 4	5	82. 3	0. 4
10	25. 2	0. 4	10	83. 2	0. 3
15	26. 9	0. 4	15	83. 9	0. 3
20	28. 7	0. 5	20	84. 6	0. 3
25	30. 5	0. 5	25	85. 2	0. 2
30	32. 3	0. 5	30	85. 8	0. 2
35	34. 2	0. 5	35	86. 2	0. 2
40	36. 1	0. 5	40	86. 6	0. 1
45	37. 9	0. 6	45	86. 9	0. 1
50	39. 8	0. 6	50	87. 1	0. 1
55	41. 7	0. 6	55	87. 2	0. 0
			6 0	87. 3	0. 0

Tafel XIV.

Tafeln der Sonne für den Meridian von Wien.

Jahre

	Mittlere Länge	Apogeum	A ☾	B ♀	C ♂	D ♃	E ♀	F ♂	G ♃	H ♀	☊
1828 B	280.° 075	99.° 954	473	640	744	687	2	791	590	642	412
1829	279. 836	99. 972	833	265	212	602	253	854	674	518	466
1830	279. 597	99. 989	193	890	680	518	503	917	759	393	519
1831	279. 358	100. 006	553	515	148	433	754	980	843	269	573
1832 B	280. 105	100. 024	947	142	617	351	6	44	928	148	627
1833	279. 866	100. 041	307	767	85	266	257	107	12	24	681
1834	279. 628	100. 058	667	392	553	181	508	170	96	900	734
1835	279. 389	100. 075	27	17	21	96	759	233	180	776	788
1836 B	280. 136	100. 093	421	644	490	14	10	297	265	655	842
1837	279. 897	100. 110	781	269	958	929	261	360	349	530	895
1838	279. 658	100. 127	141	894	426	844	512	423	433	406	949
1839	279. 419	100. 144	501	519	894	759	762	486	517	281	3
1840 B	280. 166	100. 161	895	146	363	676	14	551	602	160	57
1841	279. 927	100. 179	255	771	831	591	265	614	686	36	111
1842	279. 688	100. 196	615	396	299	506	516	678	770	912	164
1843	279. 450	100. 213	975	21	767	421	766	741	854	787	218
1844 B	280. 197	100. 230	369	648	236	339	18	805	939	666	272
1845	279. 958	100. 248	729	273	704	254	269	868	24	542	326
1846	279. 719	100. 265	89	898	172	169	520	931	108	418	379
1847	279. 481	100. 282	449	523	640	84	770	994	192	293	433
1848 B	280. 228	100. 299	843	150	109	1	22	59	278	172	487
1849	279. 989	100. 316	203	775	577	916	273	122	362	48	540
1850	279. 750	100. 334	563	400	46	831	523	185	446	923	594
1851	279. 511	100. 351	923	25	514	746	774	248	530	799	648
1852 B	280. 258	100. 368	317	652	983	664	26	322	615	678	701
1853	280. 019	100. 385	677	277	451	579	277	375	699	554	755
1854	279. 781	100. 403	37	902	919	494	528	438	784	430	809
1855	279. 542	100. 420	397	527	388	409	779	501	868	306	863
1856 B	280. 289	100. 437	791	154	857	326	31	565	953	185	916
1857	280. 050	100. 454	151	779	325	241	282	628	37	61	970
1858	279. 811	100. 471	511	404	793	156	533	691	121	937	24
1859	279. 572	100. 489	871	29	261	71	784	754	205	813	77

Sonnentafeln.

Monate und Tage.

Monate	M.Länge	Apogeum	A	B	C	D	E	F	G	H	♌
0 Febr.	30.°555	0.°001	50	53	39	78	21	5	7	74	5
0 März	58. 153	0. 002	998	101	75	148	40	10	14	141	9
0 April	88. 708	0. 004	48	154	115	226	62	16	21	216	13
0 May	118. 278	0. 005	64	206	153	301	82	21	28	288	18
0 Juny	148. 833	0. 007	113	259	193	379	104	26	35	263	22
0 July	178. 402	0. 009	129	310	232	454	124	31	41	434	27
0 Aug.	208. 957	0. 010	179	363	271	531	146	37	49	509	31
0 Sept.	239. 512	0. 011	229	416	311	609	167	42	56	583	36
0 Oct.	269. 082	0. 013	245	468	349	684	188	47	63	656	40
0 Nov.	299. 637	0. 014	294	521	391	762	210	52	70	731	45
0 Dec.	329. 206	0. 016	310	572	428	837	230	57	77	802	49
Tage 0	0. 000		0	0	0	0					
1	0. 986		34	2	1	3					
2	1. 971		68	3	2	5					
3	2. 966		102	5	3	8					
4	3. 943		135	7	5	11					
5	4. 928		169	9	6	13					
6	5. 914		203	10	7	15					
7	6. 900		237	12	8	18					
8	7. 885		271	14	10	20					
9	8. 871		305	15	11	23					
10	9. 857		339	17	12	25					
11	10. 842		372	19	14	28					
12	11. 828		406	21	15	30					
13	12. 813		440	22	16	33					
14	13. 799		474	24	17	35					
15	14. 785		508	26	19	38					
16	15. 770		542	27	20	40					
17	16. 756		576	29	21	43					
18	17. 742		610	31	23	45					
19	18. 727		643	33	24	48					
20	19. 713		677	34	25	50					
21	20. 699		711	36	26	53					
22	21. 684		745	38	28	55					
23	22. 670		779	39	29	58					
24	23. 656		813	41	30	60					
25	24. 641		847	43	32	63					
26	25. 627		880	45	33	65					
27	26. 613		914	46	34	68					
28	27. 598		948	48	35	70					
29	28. 584		982	50	37	73					
30	29. 570		16	51	38	75					
31	30. 555		50	53	39	78					

Sonnentafeln.

Stunden, Minuten und Secunden.

Stunde	M. Länge	A	B	C	D	Min.	M. Länge	Min.	M. Länge	Sec.	M. Länge	Sec.	M. Länge
1	0.° 041	1	0	0	0	1	0.° 001	31	0.° 021	1	0.° 000	31	0.° 000
2	0. 082	3	0	0	0	2	0. 001	32	0. 022	2	0. 000	32	0. 000
3	0. 123	4	0	0	0	3	0. 002	33	0. 022	3	0. 000	33	0. 000
4	0. 164	6	0	0	0	4	0. 003	34	0. 023	4	0. 000	34	0. 000
5	0. 205	7	0	0	1	5	0. 003	35	0. 024	5	0. 000	35	0. 000
6	0. 246	8	0	0	1	6	0. 004	36	0. 025	6	0. 000	36	0. 000
7	0. 287	10	0	0	1	7	0. 005	37	0. 025	7	0. 000	37	0. 000
8	0. 329	11	1	0	1	8	0. 005	38	0. 026	8	0. 000	38	0. 000
9	0. 370	13	1	0	1	9	0. 006	39	0. 027	9	0. 000	39	0. 000
10	0. 411	14	1	0	1	10	0. 007	40	0. 027	10	0. 000	40	0. 000
11	0. 452	16	1	0	1	11	0. 007	41	0. 028	11	0. 000	41	0. 000
12	0. 493	17	1	0	1	12	0. 008	42	0. 029	12	0. 000	42	0. 000
13	0. 534	18	1	0	1	13	0. 009	43	0. 029	13	0. 000	43	0. 001
14	0. 575	20	1	0	1	14	0. 010	44	0. 030	14	0. 000	44	0. 001
15	0. 616	21	1	0	2	15	0. 010	45	0. 031	15	0. 000	45	0. 001
16	0. 657	23	1	1	2	16	0. 011	46	0. 031	16	0. 000	46	0. 001
17	0. 698	24	1	1	2	17	0. 012	47	0. 032	17	0. 000	47	0. 001
18	0. 739	25	1	1	2	18	0. 012	48	0. 033	18	0. 000	48	0. 001
19	0. 780	27	1	1	2	19	0. 013	49	0. 033	19	0. 000	49	0. 001
20	0. 821	28	1	1	2	20	9. 014	50	0. 034	20	0. 000	50	0. 001
21	0. 862	30	1	1	2	21	0. 014	51	0. 035	21	0. 000	51	0. 001
22	0. 904	31	2	1	2	22	0. 015	52	0. 035	22	0. 000	52	0. 001
23	0. 945	32	2	1	2	23	0. 016	53	0 036	23	0. 000	53	0. 001
24	0. 986	34	2	1	3	24	0. 016	54	0. 037	24	0. 000	54	0. 001
						25	0. 017	55	0. 037	25	0. 000	55	0. 001
						26	0. 018	56	0. 038	26	0. 000	56	0. 001
						27	0. 018	57	0. 039	27	0. 000	57	0. 001
						28	0. 019	58	0. 040	28	0. 000	58	0. 001
						29	0. 020	59	0. 040	29	0. 000	59	0. 001
						30	0. 020	60	0. 041	30	0. 000	60	0. 001

Sonnentafeln.

Gleichung der Bahn für 1800.

Arg. mittl. Länge — Apog. = M.

	—0°	—30°	—60°	—90°	—120°	—150°	
0°	0.000	0.945	1.649	1.924	1.684	0.980	30
1	0.033	0.964	1.666	1.924	1.667	0.950	29
2	0.066	1.002	1.682	1.924	1.650	0.920	28
3	0.099	1.030	1.698	1.924	1.633	0.890	27
4	0.132	1.058	1.714	1.922	1.614	0.860	26
5	0.164	1.085	1.728	1.920	1.595	0.829	25
6	0.197	1.112	1.743	1.918	1.576	0.798	24
7	0.230	1.139	1.757	1.915	1.556	0.767	23
8	0.262	1.165	1.770	1.911	1.536	0.735	22
9	0.294	1.191	1.783	1.907	1.515	0.703	21
10	0.327	1.217	1.795	1.902	1.494	0.671	20
11	0.359	1.242	1.807	1.898	1.472	0.639	19
12	0.392	1.268	1.818	1.890	1.450	0.607	18
13	0.424	1.292	1.829	1.884	1.428	0 574	17
14	0.456	1.317	1.839	1.877	1.405	0.541	16
15	0.488	1.341	1.849	1.869	1.381	0.508	15
16	0.520	1.364	1.858	1.860	1.357	0.475	14
17	0.552	1.387	1.866	1.851	1.330	0.442	13
18	0.583	1.410	1.874	1.842	1.308	0.409	12
19	0.614	1.433	1.881	1.832	1.283	0.375	11
20	0.645	1.454	1.888	1.821	1.257	0.341	10
21	0.676	1.476	1.894	1.810	1.231	0.307	9
22	0 707	1.497	1 900	1.798	1.205	0.273	8
23	0.738	1.518	1.905	1.786	1.178	0.239	7
24	0.768	1.537	1.909	1.773	1.151	0.205	6
25	0.798	1.558	1.913	1.759	1.123	0.171	5
26	0.828	1.577	1.917	1.745	1.095	0.137	4
27	0.858	1.595	1.919	1.731	1.067	0.103	3
28	0.887	1.614	1.921	1.716	1.038	0.069	2
29	0.916	1.632	1.923	1.700	1.009	0.034	1
30	0.945	1.649	1.924	1.684	0.980	0.000	0
	+330°	+300°	+270°	+240°	+210°	+180°	

Correction für t Jahre nach 1800.
(t — 1800) 0.0000522 Sin. M.

Sonnentafeln.

Störungen der Länge der Sonne.

	A	B	C	D	E	F	G	H	☊	☊
	☾	♀	♂	♃	♀	♂	♃	♀	Nutation Länge	Nutation Rectasc.
0	0	0	0	0	+1	+1	0	+1	0	+0
50	+1	—1	0	0	+1	+1	0	+1	+2	+1
100	1	—1	—1	0	+1	+1	0	0	+3	+3
150	2	0	—1	—1	0	+1	—1	0	+4	+4
200	2	+1	0	—1	0	0	—1	0	+5	+4
250	2	+2	0	—2	0	0	—1	0	+5	+4
300	2	+3	0	—2	0	0	—1	0	+5	+4
350	2	+3	+1	—2	0	0	—1	0	+4	+4
400	1	+2	+1	—2	—1	0	0	0	+3	+3
450	1	+1	0	—1	—1	0	0	0	+2	+1
500	0	0	0	0	—1	0	0	—1	+1	+0
									+0	
550	—1	—1	0	+1	—1	0	0	—1	—2	—1
600	—1	—2	—1	+2	—1	0	0	0	—3	—3
650	—2	—3	—1	+2	0	—1	+1	0	—4	—4
700	—2	—3	0	+2	0	—1	+1	0	—5	—4
750	—2	—2	0	+2	0	—1	+1	0	—5	—4
800	—2	—1	0	+1	0	0	+1	0	—5	—4
850	—2	0	+1	+1	0	0	+1	0	—4	—4
900	—1	+1	+1	0	+1	0	0	0	—3	—3
950	—1	+1	0	0	+1	0	0	0	—2	—1
1000	0	0	0	0	+1	+1	0	0	0	0

Sonnentafeln.

Radius Vector der Sonne für 1800.

Arg. Mittlere Länge — Apog. = M.

	0	30	60	90	120	150	
0	1.01679	1.01461	1.00861	1.00028	0.99182	0.98553	30
1	1.01679	1.01447	1.00835	0.99999	0.99156	0.98538	29
2	1.01678	1.01432	1.00810	0.99970	0.99131	0.98524	28
3	1.01677	1.01417	1.00784	0.99940	0.99106	0.98510	27
4	1.01675	1.01401	1.00759	0.99911	0.99081	0.98496	26
5	1.01673	1.01385	1.00733	0.99882	0.99056	0.98483	25
6	1.01670	1.01368	1.00706	0.99852	0.99032	0.98471	24
7	1.01667	1.01351	1.00680	0.99823	0.99008	0.98459	23
8	1.01663	1.01334	1.00653	0.99794	0.98984	0.98447	22
9	1.01659	1.01316	1.00626	0.99765	0.98961	0.98436	21
10	1.01655	1.01298	1.00599	0.99736	0.98937	0.98425	20
11	1.01649	1.01279	1.00572	0.99707	0.98915	0.98415	19
12	1.01644	1.01260	1.00544	0.99678	0.98892	0.93406	18
13	1.01638	1.01241	1.00517	0.99649	0.98870	0.98397	17
14	1.01631	1.01221	1.00489	0.99620	0.98848	0.98388	16
15	1.01624	1.01201	1.00461	0.99592	0.98827	0.98380	15
16	1.01616	1.01181	1.00433	0.99563	0.98806	0.98372	14
17	1.01608	1.01160	1.00404	0.99535	0.98785	0.93365	13
18	1.01600	1.01139	1.00376	0.99507	0.98765	0.98359	12
19	1.01591	1.01117	1.00347	0.99479	0.98745	0.98353	11
20	1.01581	1.01110	1.00319	0.99451	0.98726	0.98347	10
21	1.01571	1.01107	1.00290	0.99423	0.98706	0.98342	9
22	1.01561	1.01105	1.00261	0.99395	0.98688	0.98338	8
23	1.01550	1.01103	1.00232	0.99368	0.98669	0.98334	7
24	1.01539	1.01101	1.00203	0.99341	0.98651	0.98330	6
25	1.01527	1.00982	1.00174	0.99314	0.98634	0.98327	5
26	1.01515	1.00958	1.00145	0.99287	0.98617	0.98325	4
27	1.01502	1.00934	1.00116	0.99260	0.98600	0.98323	3
28	1.01489	1.00910	1.00087	0.99234	0.98584	0.98322	2
29	1.01475	1.00885	1.00057	0.99208	0.98568	0.98321	1
30	1.01461	1.00861	1.00028	0.99182	0.98553	0.98321	0
	330	300	270	240	210	180	

Correction für t Jahre nach 1800

$-(t - 1800)\ 0.00000046 \text{ Cos. } M$

Sonnentafeln.

Störungen des Rad. Vectors.

	A ☾	B ♀	C ♂	D ♃
0	4	2	1	1
50	4	1	0	1
100	3	0	0	1
150	2	— 1	0	1
200	1	— 2	0	1
250	0	— 2	— 1	1
300	— 1	— 1	— 1	0
350	— 2	0	0	— 1
400	— 3	1	0	— 2
450	— 4	2	0	— 2
500	— 4	2	+ 1	— 2
550	— 4	2	0	— 2
600	— 3	1	0	— 2
650	— 2	0	0	— 1
700	— 1	— 1	— 1	0
750	0	— 2	— 1	0
800	1	— 2	0	1
850	2	— 1	0	1
900	3	0	0	1
950	4	1	0	1
1000	4	2	1	1

Tafel XV.

Tafeln der Venus.

Meridian von Wien.

Jahre.

	Mit. Länge	Aphel.	Knoten	♄ A	♃ B	♅ C	♄ D	♃ E	♅ F	♂ G	☿ H
1828B	330.° 464	309.° 084	75.° 138	360	670	998	717	589	636	684	526
1829	195. 255	309. 097	75. 146	735	130	747	216	673	759	654	702
1830	60. 047	309. 110	75. 155	110	590	496	715	757	883	623	879
1831	284. 838	309. 123	75. 163	485	51	246	214	841	6	593	55
1832B	151. 232	309. 136	75. 172	858	506	994	709	926	130	562	231
1833	16. 023	309. 149	75. 180	233	966	743	208	10	253	532	407
1834	240. 815	309. 162	75. 189	608	426	492	707	94	377	501	584
1835	105. 607	309. 175	75. 198	983	886	242	206	179	501	471	760
1836B	332. 000	309. 188	75. 206	356	341	990	701	263	624	441	937
1837	196. 792	309. 201	75. 215	731	801	739	200	347	747	411	113
1838	61. 584	309. 214	75. 223	106	261	488	699	432	871	380	290
1839	286. 375	309. 227	75. 232	481	721	238	198	516	994	350	466
1840B	152. 769	309. 240	75. 242	853	176	986	693	601	118	319	643
1841	17. 560	309. 254	75. 249	228	636	735	192	685	241	289	819
1842	242. 352	309. 267	75. 258	603	96	484	691	770	365	258	996
1843	107. 144	309. 280	75. 267	978	557	234	190	854	488	228	172
1844B	333. 537	309. 293	75. 275	351	12	982	685	938	612	198	349
1845	198. 329	309. 306	75. 284	726	472	731	184	23	735	168	526
1846	63. 121	309. 319	75. 292	101	932	480	683	107	859	137	702
1847	287. 912	309. 331	75. 301	476	392	230	182	191	982	107	878
1848B	154. 306	309. 345	75. 310	849	847	978	677	276	106	76	55
1849	19. 097	309. 358	75. 318	224	307	727	176	360	229	46	231
1850	243. 889	309. 371	75. 328	599	767	476	675	444	353	15	407
1851	108. 681	309. 384	75. 335	974	227	226	174	528	476	985	584
1852B	335. 074	309. 397	75. 344	347	682	974	669	613	600	955	760
1853	199. 866	309. 410	75. 353	722	142	724	168	697	723	925	937
1854	64. 658	309. 423	75. 361	97	602	473	667	781	847	895	113
1855	289. 449	309. 436	75 370	472	62	222	166	865	970	864	290
1856B	155. 843	309. 449	75. 378	845	517	970	661	950	94	833	466
1857	20. 634	309. 462	75. 387	220	977	720	160	35	217	802	643
1858	245. 426	309. 476	75. 396	595	437	469	659	119	341	772	819
1859	110. 218	309. 488	75. 405	970	898	218	158	203	464	742	996

Venustafeln.

Monate und Tage.

	Mit. Länge	Aphel.	Knoten	A	B	C	D	E	F	G	H
0 Febr.	49.667	0.001	0.001	947	869	978	873	7	10	997	14
0 Marz	94.528	0.002	0.001	899	751	960	757	14	20	995	28
0 April	144.195	0.003	0.002	846	629	938	630	21	30	993	43
0 May	192.260	0.004	0.003	794	494	917	506	28	40	990	57
0 Juny	241.927	0.005	0.004	741	363	896	379	35	51	988	72
0 July	289.992	0.006	0.004	690	236	875	255	42	61	985	87
0 August	339.660	0.007	0.005	637	106	854	128	49	71	982	102
0 Sept.	29.317	0.009	0.006	584	974	833	1	56	82	980	117
0 Octob.	77.392	0.010	0.005	532	848	811	877	63	92	977	131
0 Nov.	127.059	0.011	0.007	479	717	791	750	70	102	975	146
0 Dec.	175.124	0.012	0.008	423	590	770	626	77	113	972	161
Tage 0	0.000			0	0	0	0	0	0	0	0
1	1.602			998	996	999	996	0	0	0	0
2	3.204			997	992	999	992	0	1	0	1
3	4.807			995	987	998	988	1	1	0	1
4	6.409			993	983	997	984	1	1	0	2
5	8.011			991	979	997	980	1	2	0	2
6	9.613			990	975	996	975	1	2	0	3
7	11.215			988	970	995	971	2	2	999	3
8	12.817			986	966	994	967	2	3	999	4
9	14.420			985	962	994	963	2	3	999	4
10	16.022			983	958	993	959	2	3	999	5
11	17.624			981	954	992	955	3	4	999	5
12	19.226			980	950	992	951	3	4	999	6
13	20.828			978	945	991	947	3	4	999	6
14	22.430			976	941	990	943	3	5	999	7
15	24.033			974	937	990	939	3	5	999	7
16	25.635			973	933	989	934	4	5	999	8
17	27.237			971	928	988	930	4	6	999	8
18	28.839			969	924	987	926	4	6	998	9
19	30.441			968	920	987	922	4	6	998	9
20	32.043			966	916	986	918	5	7	998	10
21	33.646			964	912	985	914	5	7	998	10
22	35.248			963	908	985	910	5	7	998	11
23	36.850			961	903	984	906	5	8	998	11
24	38.452			959	899	983	902	6	8	998	12
25	40.054			959	895	983	898	6	8	998	12
26	41.656			956	891	982	893	6	9	998	12
27	43.259			954	886	981	889	6	9	998	13
28	44.861			952	882	980	885	6	9	998	13
29	46.463			951	878	980	881	7	10	998	14
30	48.065			949	873	979	877	7	10	998	14
31	49.667			947	869	978	873	7	10	997	14

Venustafeln.

Stunden, Minuten und Secunden.

Stunden	Mit. Länge	Min.	Mit. Länge	Min.	Mit. Länge	Sec.	Mit. Länge	Sec.	Mit. Länge
1	0.°067	1	0.001	31	0.035	1		31	0.001
2	0. 133	2	0.002	32	0.036	2		32	0.001
3	0. 201	3	0.003	33	0.037	3		33	0.001
4	0. 267	4	0.004	34	0.038	4		34	0.001
5	0. 334	5	0.006	35	0.039	5		35	0.001
6	0. 401	6	0.007	36	0.040	6		36	0.001
7	0. 468	7	0.008	37	0.041	7		37	0.001
8	0. 534	8	0.009	38	0.042	8		38	0.001
9	0. 601	9	0.010	39	0.043	9		39	0.001
10	0. 668	10	0.011	40	0.045	10		40	0.001
11	0. 735	11	0.012	41	0.046	11		41	0.001
12	0. 801	12	0.013	42	0.047	12		42	0.001
13	0. 868	13	0.014	43	0.048	13		43	0.001
14	0. 935	14	0.016	44	0.049	14		44	0.001
15	1. 002	15	0.017	45	0.050	15		45	0.001
16	1. 068	16	0.018	46	0.051	16		46	0.001
17	1. 135	17	0.019	47	0.052	17		47	0.001
18	1. 202	18	0.020	48	0.053	18		48	0.001
19	1. 269	19	0.021	49	0.055	19		49	0.001
20	1. 335	20	0.022	50	0.056	20		50	0.001
21	1. 402	21	0.023	51	0.057	21		51	0.001
22	1. 469	22	0.024	52	0.058	22		52	0.001
23	1. 536	23	0.026	53	0.059	23		53	0.001
24	1. 602	24	0.027	54	0.060	24		54	0.001
		25	0.028	55	0.061	25		55	0.001
		26	0.029	56	0.062	26	0.000	56	0.001
		27	0.030	57	0.063	27	0.000	57	0.001
		28	0.031	58	0.065	28	0.000	58	0.001
		29	0.032	59	0.066	29	0.000	59	0.001
		30	0.033	60	0.067	30	0.000	60	0.001

Venustafeln.

Gleichung der Bahn für 1800.

Arg. Mit. Länge — Aphel. = M.

	0 —	30 —	60 —	90 —	120 —	150 —	
0	0.°000	0.390	0.678	0.786	0.684	0.396	30
1	0. 014	0.402	0.685	0.786	0.677	0.384	29
2	0. 027	0.414	0.691	0.786	0.670	0.372	28
3	0. 041	0.425	0.698	0.786	0.663	0.360	27
4	0. 054	0.437	0.704	0.785	0.655	0.347	26
5	0. 068	0.448	0.710	0.784	0.647	0.335	25
6	0. 082	0.459	0.716	0.783	0.639	0.322	24
7	0. 095	0.470	0.721	0.781	0.631	0.310	23
8	0. 108	0.481	0.727	0.780	0.623	0.297	22
9	0. 122	0.492	0.732	0.778	0.614	0.284	21
10	0. 135	0.502	0.737	0.775	0.606	0.271	20
11	0. 149	0.513	0.741	0.773	0.597	0.258	19
12	0. 162	0.523	0.746	0.770	0.588	0.245	18
13	0. 175	0.533	0.750	0.768	0.578	0.232	17
14	0. 189	0.543	0.754	0.764	0.569	0.219	16
15	0. 202	0.553	0.758	0.761	0.559	0.205	15
16	0. 215	0.562	0.761	0.756	0.550	0.192	14
17	0. 228	0.572	0.765	0.754	4.540	0.178	13
18	0. 241	0.581	0.768	0.750	0.529	0.165	12
19	0. 254	0.590	0.771	0.746	0.519	0.151	11
20	0. 267	0.599	0.773	0.741	0.509	0.138	10
21	0. 280	0.608	0.776	0.736	0.498	0.124	9
22	0. 292	0.616	0.778	0.731	0.487	0.110	8
23	0. 305	0.625	0.780	0.726	0.477	0.097	7
24	0. 317	0.633	0.781	0.721	0.465	0.083	6
25	0. 329	0.641	0.783	0.715	0.454	0.069	5
26	0. 342	0.649	0.784	0.709	0.443	0.055	4
27	0. 354	0.656	0.785	0.703	0.431	0.041	3
28	0. 366	0.664	0.786	0.697	0.420	0.028	2
29	0. 378	0.671	0.786	0.691	0.408	0.014	1
30	0. 390	0.678	0.786	0.684	0.396	0.000	0
	+ 330	+ 300	+ 270	+ 240	+ 210	+ 180	

Correction für t Jahre nach 1800
(t — 1800) 0.000123 Sin. M.

Venustafeln.

Störungen der Länge der Venus.

	A	B	C	D	E	F	G	H
0	0.005	0.001	0.000	0.000	0 001	0.000	0.001	0.001
50	0.006	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
100	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
150	0.009	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
200	0.010	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
250	0.009	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
300	0.006	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
350	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
400	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
450	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
500	0.006	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
550	0.008	0.001	0.002	0.001	0 001	0.001	0.000	0.000
600	0.009	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
650	0.008	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
700	0.005	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
750	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
800	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
850	0 002	0.001	0.000	0.000	0.001	0 001	0.001	0.000
900	0.004	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
950	0.005	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
1000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001

Venustafeln.

Radius Vector für 1800.

Arg. mittl. Länge — Apog. = M.

	0	30	60	90	120	150	
0°	0.72829	0.72764	0.72584	0.72337	0.72088	0.71904	30
1	0.72829	0.72759	0.72576	0.72328	0.72080	0.71900	29
2	0.72829	0.72755	0.72569	0.72319	0.72073	0.71896	28
3	0.72829	0.72750	0.72561	0.72311	0.72065	0.71892	27
4	0.72828	0.72746	0.72553	0.72302	0.72058	0.71888	26
5	0.72828	0.72741	0.72546	0.72293	0.72051	0.71884	25
6	0.72827	0.72736	0.72538	0.72285	0.72044	0.71880	24
7	0.72826	0.72731	0.72530	0.72276	0.72037	0.71877	23
8	0.72825	0.72726	0.72522	0.72267	0.72030	0.71873	22
9	0.72823	0.72720	0.72514	0.72259	0.72023	0.71870	21
10	0.72822	0.72715	0.72506	0.72250	0.72016	0.71867	20
11	0.72820	0.72709	0.72498	0.72242	0.72010	0.71864	19
12	0.72819	0.72704	0.72490	0.72233	0.72003	0.71861	18
13	0.72817	0.72698	0.72481	0.72225	0.71997	0.71859	17
14	0.72815	0.72692	0.72473	0.72216	0.71990	0.71856	16
15	0.72813	0.72686	0.72465	0.72208	0.71984	0.71854	15
16	0.72811	0.72680	0.72456	0.72200	0.71978	0.71852	14
17	0.72808	0.72673	0.72448	0.72191	0.71972	0.71850	13
18	0.72806	0.72667	0.72440	0.72183	0.71966	0.71848	12
19	0.72803	0.72661	0.72431	0.72175	0.71960	0.71846	11
20	0.72800	0.72654	0.72423	0.72167	0.71954	0.71845	10
21	0.72797	0.72648	0.72414	0.72158	0.71949	0.71843	9
22	0.72794	0.72641	0.72406	0.72150	0.71943	0.71842	8
23	0.72791	0.72634	0.72397	0.72142	0.71938	0.71841	7
24	0.72787	0.72627	0.72388	0.72134	0.71933	0.71840	6
25	0.72784	0.72620	0.72380	0.72126	0.71928	0.71839	5
26	0.72780	0.72613	0.72371	0.72118	0.71923	0.71838	4
27	0.72776	0.72606	0.72363	0.72111	0.71918	0.71838	3
28	0.72772	0.72599	0.72354	0.72103	0.71913	0.71837	2
29	0.72768	0.72591	0.72345	0.72095	0.71909	0.71837	1
30	0.72764	0.72584	0.72337	0.72088	0.71904	0.71837	0
	330	300	270	240	210	180	

Correction für t Jahre nach 1800.

— (t — 1800) 0.00000079 Cos. M.

Venustafeln.

Störungen des Radius Vectors.

	A	B
0	3	1
50	3	1
100	4	1
150	4	1
200	2	1
250	1	1
300	0	1
350	1	1
400	3	0
450	4	0
500	5	0
550	4	0
600	3	0
650	1	1
700	0	1
750	1	1
800	2	1
850	4	1
900	4	1
950	3	1
1000	3	1

Venustafeln.

Helioc. Breite und Reduction auf die Ecliptik.

Arg. Wahre Länge ♀ — Länge des Knotens.

	0 Breite 180	0 Red. 180	30 Breite 210	30 Red. 210	60 Breite 240	60 Red. 240	
	Nördl. Südl.	—	Nördl. Südl.	—	Nördl. Südl.	—	
0°	0.°000	0.000	1.°695	0.043	2.°936	0.043	30
1	0. 059	0.002	1. 746	0.044	2. 966	0.043	29
2	0. 118	0.004	1. 796	0.045	2. 994	0.042	28
3	0. 177	0.005	1. 846	0.046	3. 021	0.041	27
4	0. 236	0.007	1. 896	0.047	3. 048	0.040	26
5	0. 295	0.009	1. 944	0.047	3. 073	0.038	25
6	0. 354	0.010	1. 993	0.048	3. 098	0.037	24
7	0. 413	0.012	2. 040	0.048	3. 121	0.036	23
8	0. 472	0.014	2. 087	0.049	3. 144	0.035	22
9	0. 530	0.016	2. 133	0.049	3. 166	0.034	21
10	0. 588	0.017	2. 179	0.049	3. 188	0.032	20
11	0. 647	0.019	2. 224	0.050	3. 206	0.031	19
12	0. 705	0.020	2. 268	0.050	3. 225	0.030	18
13	0. 762	0.022	2. 312	0.050	3. 243	0.028	17
14	0. 820	0.024	2. 356	0.050	3. 260	0.027	16
15	0. 877	0.025	2. 397	0.050	3. 276	0.025	15
16	0. 934	0.027	2. 440	0.050	3. 290	0.024	14
17	0. 991	0.028	2. 480	0.050	3. 304	0.022	13
18	1. 047	0.030	2. 520	0.050	3. 317	0.020	12
19	1. 103	0.031	2. 559	0.050	3. 329	0.019	11
20	1. 159	0.032	2. 597	0.049	3. 340	0.017	10
21	1. 215	0.034	2. 635	0.049	3. 349	0.016	9
22	1. 270	0.035	2. 672	0.049	3. 358	0.014	8
23	1. 324	0.036	2. 708	0.048	3. 366	0.012	7
24	1. 379	0.037	2. 743	0.048	3. 373	0.010	6
25	1. 432	0.038	2. 777	0.047	3. 378	0.009	5
26	1. 486	0.040	2. 811	0.047	3. 383	0.007	4
27	1. 539	0.041	2. 844	0.046	3. 387	0.005	3
28	1. 591	0.042	2. 865	0.045	3. 389	0.004	2
29	1. 643	0.043	2. 906	0.044	3. 391	0.002	1
30	1. 695	0.043	2. 936	0.043	3. 391	0.000	0
	Südl. Nördl.	+	Südl. Nördl.	+	Südl. Nördl.	+	
	330 Breite 150	330 Red. 150	300 Breite 120	300 Red. 120	270 Breite 90	270 Red. 90	

Tafel XVI.

Mittlere Längen der Planeten für den Meridian von Wien.

Jahre.

Jahre	Mercur	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Jahre
1830	308.°19	60.°05	99.°60	214.°80	272.°99	129.°34	302.43	1830
1831	1.91	284.84	99.36	46.08	303.33	141.57	306.73	1831
1832 B	59.72	151.23	100.10	237.88	333.76	153.84	311.04	1832 B
1833	113.44	16.03	99.86	69.16	4.10	166.07	315.33	1833
1834	167.15	240.82	99.63	260.45	34.44	178.29	319.63	1834
1835	220.87	105.61	99.40	91.73	64.78	190.52	323.92	1835
1836 B	278.68	332.06	100.13	283.56	95.21	202.78	328.23	1836 B
1837	332.40	196.79	99.89	114.84	125.55	215.01	332.53	1837
1838	26.12	61.59	99.66	306.12	155.89	227.24	336.82	1838
1839	79.84	286.38	99.42	137.41	186.23	239.47	341.12	1839
1840 B	137.65	152.77	100.16	329.24	216.66	251.73	345.43	1840 B
1841	191.36	17.56	99.92	160.52	247.00	263.96	349.72	1841
1842	245.08	242.35	99.69	351.81	277.35	276.18	354.03	1842
1843	298.80	107.15	99.45	183.09	307.69	288.41	358.33	1843
1844 B	356.61	333.54	100.19	14.90	338.11	300.69	2.63	1844 B
1845	50.33	198.33	99.96	306.19	8.46	312.91	6.93	1845
1846	104.04	63.12	99.72	37.47	38.80	325.13	11.22	1846
1847	157.76	287.91	99.48	228.76	69.14	337.36	15.52	1847
1848 B	215.57	154.31	100.22	60.56	99.57	349.62	19.83	1848 B
1849	269.29	19.10	99.98	251.87	129.91	1.84	24.12	1849
1850	323.01	243.89	99.75	83.13	160.23	14.09	28.42	1850
1851	16.72	108.68	99.51	274.42	190.57	26.32	32.71	1851
1852 B	74.53	335.00	100.25	106.23	221.00	38.58	37.01	1852 B
1853	128.25	199.87	100.01	297.51	251.33	50.81	41.31	1853
1854	181.97	64.66	99.78	128.80	281.68	63.03	45.60	1854
1855	235.69	289.45	99.54	320.08	312.02	75.27	49.90	1855
1856 B	293.50	155.85	100.28	151.90	342.45	87.53	54.20	1856 B
1857	347.22	20.64	100.04	343.18	12.79	99.76	58.50	1857
1858	40.93	245.43	99.81	174.46	43.13	111.99	62.79	1858
1859	94.65	110.22	99.57	5.75	73.47	124.21	67.09	1859
1860 B	152.46	336.61	100.31	197.57	103.89	136.49	41.40	1860 B

Mittlere Bewegungen der Planeten.

Monate.

Monate	Mercur	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Monate
0 Januar	0°.00	0°.00	0°.00	0°.00	0°.00	0°.00	0°.00	0 Januar
0 Febr.	126.86	49.67	30.55	16.25	2.58	1.04	0.36	0 Febr.
0 März	241.45	94.53	58.15	30.92	4.90	1.98	0.69	0 März
0 April	8.31	144.19	88.71	47.17	7.48	3.01	1.06	0 April
0 May	131.08	192.26	118.27	62.89	9.97	4 02	1.41	0 May
0 Juny	257.95	241.93	148.83	79.13	12.55	5.06	1.78	0 Juny
0 July	20.72	290.00	178.40	94.86	15.05	6.06	2.13	0 July
0 August	147.58	339.66	208.96	111.10	17.62	7.10	2.49	0 August
0 Sept.	274.45	29.33	239.51	127.35	20.20	8.14	2.86	0 Sept.
0 Oct.	37.22	77·39	269.08	143.07	22.69	9.14	3.21	0 Oct.
0 Nov.	164.08	127.06	299.64	159.32	25.27	10.18	3.58	6 Nov.
0 Dec.	286.85	175.12	329.21	175.04	27.76	11.19	3.93	0 Dec.

Tage.

Tage	Mercur	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Tage
Tag 1	4.°09	1.°60	0.°98	0.°52	0.°08	0.°03	0.°01	Tag 1
2	8.18	3.20	1.97	1.05	0.17	0.07	0.02	2
3	12.28	4.81	2.95	1.57	0.25	0.10	0.03	3
4	16.37	6.41	3.94	2.10	0.33	0.13	0.05	4
5	20·46	8.01	4.92	2.62	0.42	0.17	0.06	5
6	24.55	9·61	5.91	3.14	0.50	0.20	0.07	6
7	28 65	11.21	6.89	3·67	0.58	0.23	0.08	7
8	32.74	12.82	7·88	4.19	0.66	0.27	0.09	8
9	36.83	14.42	8.86	4.72	0.75	0.30	0.11	9
10	40.92	16.02	9.85	5·24	0.83	0.33	0.12	10
15	61.38	24.03	14.77	7.86	1.25	0.50	0.18	15
20	81.85	32 04	19.70	10.48	1.66	0.67	0.23	20
25	102 31	40.05	24.62	13.10	2.08	0.84	0.29	25
30	122.77	48.05	29·57	15.72	2.49	1.00	0.35	30
31	126.86	49.63	30.55	16.25	2.58	1.04	0.36	31

Gleichung der Bahn der Planeten.

Mittl. Anom.	Mercur — +	Venus — +	Erde — +	Mars — +	Jupiter — +	Saturn — +	Uranus — +	Mittl. Anom.
0°	0°. 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360
5	1. 63	0.07	0.16	0.83	0.45	0.52	0.44	355
10	3. 26	0.13	0.33	1.66	0.90	1.04	0.88	350
15	4. 87	0.20	0.49	2.48	1.34	1.56	1.31	345
20	6. 47	0.27	0.64	3.29	1.78	2.06	1.73	340
25	8. 04	0.33	0.79	4.08	2.22	2.55	2.15	335
30	9. 58	0.39	0.94	4.84	2.63	3.02	2.54	330
35	11. 08	0.44	1.08	5.58	3.02	3.48	2.93	325
40	12. 54	0.50	1.22	6.29	3.39	3.91	3.29	320
45	13. 95	0.55	1.34	6.96	3.74	4.31	3.63	315
50	15. 30	0.60	1.45	7.59	4.06	4.70	3.95	310
55	16. 58	0.64	1.56	8.17	4.36	5.05	4.24	305
60	17. 79	0.68	1.65	8.71	4.64	5.36	4.50	300
65	18. 91	0.71	1.72	9.19	6.86	5.64	4.72	295
70	19. 94	0.73	1.79	9.61	5.08	5.88	4.92	290
75	20. 87	0.76	1.85	9.96	5.24	6.07	5.08	285
80	21. 69	0.77	1.89	10.55	5.37	6.22	5.21	280
85	22. 38	0.78	1.91	10.47	5.47	6.34	5.29	275
90	22. 93	0.79	1.92	10.62	5.52	6.40	5.34	270
95	23. 34	0.78	1.92	10.69	5.53	6.41	5.35	265
100	23. 60	0.77	1.90	10.67	5.50	6.38	5.31	260
105	23. 68	0.76	1.87	10.57	5.42	6.30	5.24	255
110	23. 57	0.74	1.82	10.39	5.30	6.16	5.12	250
115	23. 28	0.71	1.76	10.13	5.13	5.98	4.96	245
120	22. 77	0.68	1.68	9.77	4.92	5.75	4.57	240
125	22. 04	0.65	1.59	9.33	4.67	5.46	4.53	235
130	21. 09	0.60	1.49	8.11	4.39	5.13	4.25	230
135	19. 90	0.56	1.38	8.20	4.07	4.76	3.94	225
140	18. 48	0.51	1.26	7.51	3.72	4.34	3.60	220
145	16. 82	0.45	1.12	6.75	3.33	3.92	3.22	215
150	14. 93	0.39	0.98	5.93	2.91	3.41	2.82	210
155	12. 82	0.33	0.83	5.04	2.47	2.89	2.39	205
160	10. 52	0.27	9.67	4.10	2.00	2 35	1.93	200
165	8. 05	0.20	0.51	3.11	1.51	1.78	1.47	195
170	5. 44	0.13	0.34	2.09	1.02	1.19	0.99	190
175	2. 74	0.07	0.17	1.05	0.51	0.06	0.49	185
180	0. 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180

Logar. der Distanz der Planeten.

Mittl. Anom.	Mercur	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Mittl. Anom.
0°	9.6690	9.8623	0.0072	0.2215	0.7362	1.0022	1.3026	360°
5	9.6688	9.8623	0.0072	0.2214	0.7361	1.0021	1.3025	355
10	9.6682	9.8622	0.0071	0.2211	0.7359	1.0019	1.3023	350
15	9.6673	9.8622	0.0070	0.2205	0.7355	1.0015	1.3019	345
20	9.6659	9.8621	0.0068	0.2197	0.7351	1.0009	1.3015	340
25	9.6642	9.8620	0.0066	0.2186	0.7344	1.0003	1.3009	335
30	9.6620	9.8619	0.0063	0.2173	0.7337	0.9994	1.3002	330
35	9.6595	9.8618	0.0060	0.2158	0.7328	0.9984	1.2993	325
40	9.6565	9.8616	0.0056	0.2141	0.7318	0.9973	1.2984	320
45	9.6532	9.8614	0.0052	0.2121	0.7304	0.9960	1.2973	315
50	9.6495	9.8613	0.0047	0.2100	0.7295	0.9946	1.2961	310
55	9.6453	9.8611	0.0042	0.2077	0.7282	0.9931	1.2949	305
60	9.6408	9.8608	0.0037	0.2052	0.7268	0.9915	1.2935	300
65	9.6359	9.8606	0.0032	0.2024	0.7252	0.9897	1.2920	295
70	9.6305	9.8604	0.0026	0.1996	0.7237	0.9879	1.2902	290
75	9.6248	9.8601	0.0020	0.1965	0.7220	0.9860	1.2888	285
80	9.6187	9.8599	0.0014	0.1933	0.7203	0.9840	1.2872	280
85	9.6122	9.8596	0.0008	0.1900	0.7185	0.9820	1.2855	275
90	9.6053	9.8594	0.0001	0.1866	0.7167	0.9800	1.2837	270
95	9.5981	9.8591	9.9995	0.1831	0.7149	0.9777	1.2819	265
100	9.5906	9.8588	9.9988	0.1796	0.7130	0.9756	1.2802	260
105	9.5827	9.8586	9.9982	0.1760	0.7111	0.9735	1.2784	255
110	9.5747	9.8583	9.9976	0.1724	0.7094	0.9713	1.2766	250
115	9.5664	9.8581	9.9970	0.1688	0.7076	0.9693	1.2749	245
120	9.5580	9.8579	9.9964	0.1653	0.7059	0.9672	1.2732	240
125	9.5495	9.8576	9.9959	0.1619	0.7042	0.9653	1.2717	235
130	9.5410	9.8574	9.9954	0.1587	0.7026	0.9634	1.2701	230
135	9.5327	9.8572	9.9949	0.1555	0.7012	0.9617	1.2687	225
140	9.5247	9.8571	9.9944	0.1526	0.6998	0.9601	1.2674	220
145	9.5170	9.8569	9.9940	0.1500	0.6985	0.9586	1.2662	215
150	9.5100	9.8568	9.9937	0.1475	0.6974	0.9573	1.2651	210
155	9.5037	9.8566	9.9934	0.1454	0.6965	0.9561	1.2642	205
160	9.4982	9.8565	9.9931	0.1437	0.6957	0.9552	1.2634	200
165	9.4938	9.8565	9.9929	0.1423	0.6950	0.9544	1.2628	195
170	9.4905	9.8564	9.9928	0.1413	0.6946	0.9539	1.2623	190
175	9.4885	9.8564	9.9927	0.1407	0.6943	0.9536	1.2621	185
180	9.4878	9.8564	9.9926	0.1405	0.6942	0.9535	1.2620	180

Tafel

zur Reduction der Planetenòrte.

1840	Mercur	Venus	Mars
Länge des Apheliums A	254.°957 +0.°0155 t	309.°240 + 0.°0130 t	153.°112 + 0.°0183 t
Länge des Knotens K	46.°421 +0.°0117 t	75.°242 + 0.°0085 t	48.°272 +0°.0069 t
Neigung gen die Ecliptik N	7°.004 +0.°00005 t	3.°393 +0.°00001 t	1.°850 —0.°00001 t
A	89° 47′ 5″ +0.″35 t	89° 58′ 30″ +0.″33 t	89° 59′ 12″ —0.″50 t
B	2° 30′ 37″ +0.″75 t	1° 27′ 20″ +0.″50 t	0° 37′ 12″ —0.″50 t
C	350° 28′ 18″ —8.″30 t	352° 45′ 40″ —1.″83 t	356° 59′ 2″ —1.″83 t
Log. Sin. a	9.99826 +0.000 0005 t	9.99928 +0.000 0022 t	9.99989 —0.000 0012 t
Log. Sin. b	9.94520 +0.000 0620 t	9.95977 +0.000 0018 t	9.95839 +0.000 0020 t
Log. Sin. c	9.68159 —0.000 0100 t	9.61826 —0.000 0100 t	9.62176 —0.000 0080 t

1840	Jupiter	Saturn	Uranus
Länge des Apheliums A	191.°757 +0.°0158 t	269.°910 +0.°0193 t	348.°090 +0.°0146 t
Länge des Knotens K	98.°810 +0.°0095 t	112.°277 +0.°0085 t	73.°147 +0.°0039 t
Neigung gen die Ecliptik N	1.°312 —0.°00007 t	2.°492 —0.°00004 t	0.°773 —0.°00001 t
A	90° 0′ 8″ +0.″00 t	90° 1′ 9″ +0.″00 t	89° 59′ 57″ —0.″03 t
B	0° 33′ 33″ —0.″17 t	0° 58′ 29″ —0.″45 t	0° 19′ 18″ +0.″13 t
C	356° 59′ 23″ +0.″98 t	354° 28′ 29″ +2.″00 t	358° 18′ 32″ —0.″15 t
Log. Sin. a	9.99982 +0.000 0008 t	9.99965 +0.000 0001 t	9.99998 —0.000 0002 t
Log. Sin. b	9.96320 +0.000 0012 t	9.96563 +0.000 0013 t	9.96180 +0.000 0005 t
Log. Sin. c	9.59709 —0.000 0063 t	9.58515 —0.000 0081 t	9.60410 —0.000 0035 t

Tafel XVII. A.

Mondsphasen.

Jahre	Epochen	M	P
1825	3.^{T}521	335	3
1826	0. 271	464	4
1827	4. 403	860	2
1828 B	0. 153	989	3
1829	4. 285	385	1
1830	1. 035	514	2
1831	5. 167	910	4
1832 B	0. 917	39	1
1833	5. 049	435	3
1834	1. 799	564	4
1835	5. 931	960	2
1836 B	1. 681	88	3
1837	5. 813	485	1
1838	2. 563	613	2
1839	6. 695	10	4
1840 B	2. 445	138	1
1841	6. 577	535	3
1842	3. 327	663	4
1843	0. 077	792	1
1844 B	3. 209	188	3
1845	7. 342	584	1
1846	4. 091	713	2
1847	0. 841	841	3
1848 B	3. 973	238	1
1849	0. 723	366	2

Tafel XVII. B.

Mondsphasen.

Monate	Mond	M	P
Januar	7.^{T}402	269	1
	14. 805	538	2
	22. 207	807	3
	29. 607	75	4
Februar	6. 007	344	1
	13. 405	612	2
	20. 802	881	3
	28. 197	149	4
März	7. 589	417	1
	14. 976	685	2
	22. 366	953	3
	29. 750	221	4
April	6. 132	489	1
	13. 510	757	2
	20. 887	25	3
	28. 260	292	4
May	5. 630	560	1
	13. 000	827	2
	20. 365	94	3
	27. 728	362	4
Juny	4. 091	629	1
	11. 452	896	2
	18. 812	163	3
	26. 173	430	4

Monate	Mond	M	P
July	3.^{T}532	698	1
	10. 893	965	2
	18. 255	232	3
	25. 617	499	4
August	1. 982	766	1
	9. 348	34	2
	16. 716	301	3
	24. 087	568	4
	31. 460	836	1
Septemb.	7. 836	104	2
	15. 215	371	3
	22. 596	639	4
	29. 980	907	1
October	7. 367	175	2
	14. 756	443	3
	22. 147	711	4
	29. 541	980	1
November	5. 937	248	2
	13. 334	517	3
	20. 732	785	4
	28. 132	54	1
December	5.534	322	2
	12.935	591	3
	20.337	860	4
	27.740	129	1
	35.143	396	2

Tafel XVII. C.

Mondsphasen.

M	Syzygien	Quadraturen	M	Syzygien	Quadraturen	M	Syzygien	Quadraturen
0	$0.^{T}634$	$0.^{T}634$	350	$0.^{T}956$	$1.^{T}131$	700	$0.^{T}253$	$0.^{T}040$
10	0. 662	0. 678	360	0. 940	1. 106	710	0. 243	0. 028
20	0. 689	0. 716	370	0. 922	1. 080	720	0. 243	0. 018
30	0. 716	0. 755	380	0. 904	1. 052	730	0. 232	0. 010
40	6. 742	0. 796	390	0. 885	1. 022	740	0. 229	0. 005
50	0. 769	0. 835	400	0. 865	0. 991	750	0. 226	0. 002
60	0. 794	0. 874	410	0. 844	0. 959	760	0. 225	0. 000
70	0. 819	0. 911	420	0. 823	0. 926	770	0. 227	0. 003
80	0. 842	0. 947	430	0. 800	0. 891	780	0. 229	0. 008
90	0. 866	0. 982	440	0. 778	0. 856	790	0. 233	0. 016
100	0. 888	1. 015	450	0. 755	0. 820	800	0. 239	0. 026
110	0. 908	1. 048	460	0. 731	0. 784	810	0. 247	0. 038
120	9. 928	1. 077	470	0. 707	0. 748	820	0. 256	0. 053
130	0. 946	1. 105	480	0. 683	0. 710	830	0. 267	0. 070
140	0. 963	1. 131	490	0. 659	0. 673	840	0. 279	0. 090
150	0. 978	1. 155	500	0. 635	0. 635	850	0. 293	0. 112
160	0. 992	1. 177	510	0. 610	0. 597	860	0. 308	0. 136
170	1. 005	1. 196	520	0. 586	0. 559	870	0. 325	0. 162
180	1. 015	1. 214	530	0. 563	0. 521	880	0. 343	0. 190
190	1. 025	1. 229	540	0. 539	0. 485	890	0. 363	0. 220
200	1. 033	1. 241	550	0. 515	0. 448	900	0. 383	0. 253
210	1. 038	1. 251	560	0. 492	0. 412	910	0. 406	0. 286
220	1. 043	1. 258	570	0. 470	0. 377	920	0. 428	0. 320
230	1. 045	1. 263	580	0. 448	0. 342	930	0. 452	0. 357
240	1. 046	1. 265	590	0. 427	0. 309	940	0. 476	0. 394
250	1. 045	1. 265	600	0. 406	0. 277	950	0. 501	0. 433
260	1. 043	1. 262	610	0. 386	0. 245	960	0. 527	0. 472
270	1. 040	1. 257	620	0. 367	0. 216	970	0. 554	0. 512
280	1. 034	1. 249	630	0. 349	0. 188	980	0. 580	0. 553
290	1. 027	1. 239	640	0. 332	0. 160	990	0. 607	0. 593
300	1. 018	1. 226	650	0. 315	0. 135	1000	0. 635	0. 635
310	1. 009	1. 211	660	0. 300	0. 113			
320	0. 997	1. 195	670	0. 287	0. 092			
330	0. 985	1. 175	680	0. 274	0. 073			
340	0. 970	1. 154	690	0. 263	0. 055			

Tafel XVIII.

Refraction nach Carlini.

Bar. 28 Par. Zoll. Therm. + 10° Réaum.

z	r	z	r	z	r	log. r
0°	0."0	30°	33."4	60° 0	1' 40."0	2.0000
1	1. 0	31	34. 8	60 30	1 42. 1	2.0088
2	2. 0	32	36. 2	61 0	1 44. 1	2.0176
3	3. 0	33	37. 6	61 30	1 46. 3	2.0266
4	4. 1	34	39. 1	62 0	1 48. 5	2.0356
5	5. 1	35	40. 6	62 30	1 50. 8	2.0447
6	6. 1	36	42. 1	63 0	1 53. 2	2.0539
7	7. 1	37	43. 6	63 30	1 55. 7	2.0633
8	8. 1	38	45. 2	64 0	1 58. 2	2.0728
9	9. 2	39	46. 9	64 30	2 0. 9	2.0824
10	10. 2	40	48. 6	65 0	2 3. 6	2.0921
11	11. 2	41	50. 3	65 30	2 6. 5	2.1019
12	12. 3	42	52. 1	66 0	2 9. 4	2.1120
13	13. 4	43	54. 0	66 30	2 12. 5	2.1221
14	14. 4	44	55. 9	67 0	2 15. 7	2.1324
15	15. 5	45	57. 9	67 30	2 19. 0	2.1429
16	16. 6	46	59. 9	68 0	2 22. 4	2.1536
17	17. 7	47	62. 1	68 30	2 26. 0	2.1645
18	18. 8	48	64. 3	69 0	2 29. 8	2.1755
19	19. 9	49	66. 6	69 30	2 33. 7	2.1868
20	21. 1	50	68. 9	70 0	2 37. 9	2.1983
21	22. 2	51	71. 4	70 30	2 42. 2	2.2100
22	23. 4	52	74. 0	71 0	2 46. 7	2.2219
23	24. 6	53	76. 7	71 30	2 51. 5	2.2342
24	25. 8	54	79. 6	72 0	2 56. 5	2.2466
25	27. 0	55	82. 6	72 30	3 1. 7	2.2594
26	28. 3	56	85. 7	73 0	3 7. 3	2.2725
27	29. 5	57	89. 0	73 30	3 13. 3	2.2859
28	30. 8	58	92. 5	74 0	3 19. 4	2.2996
29	32. 1	59	96. 1	74 30	3 25. 9	2.3137

XVIII.

Refraction nach Carlini.

z	r	log r	z	r	log r	z	C
75° 0	3′ 32.″9	2.3282	85° 0′	9′ 50.″2	2.7711	80°	−0.″05
75 20	3 38. 0	2.3384	85 10	10 6. 6	2.7830	81	0. 07
75 40	3 43. 1	2.3485	85 20	10 23. 9	2.7951	82	0. 10
76 0	3 48. 4	2.3588	85 30	10 42. 1	2.8076	83	0. 14
76 20	3 54. 0	2.3693	85 40	11 1. 2	2.8203	84	0. 21
76 40	3 59. 9	2.3800	85 50	11 21. 4	2.8334	85	−0. 33
77 0	4 6. 0	2.3910	86 0	11 42. 6	2.8467	86	0. 55
77 20	4 12. 5	2.4022	86 10	12 5. 1	2.8604	86 10	0. 60
77 40	4 19. 2	2.4137	86 20	12 28. 8	2.8744	86 20	0. 66
78 0	4 26. 3	2.4254	86 30	12 54. 0	2.8887	86 30	0. 73
78 20	4 33. 8	2.4374	86 40	13 20. 6	2.9034	86 40	−0. 81
78 40	4 41. 7	2.4497	86 50	13 48. 8	2.9185	86 50	0. 90
79 0	4 50. 0	2.4624	87 0	14 18. 8	2.9339	87 0	0. 99
79 20	4 58. 8	2.4754	87 10	14 50. 6	2.9497	87 10	1. 10
79 40	5 8. 1	2.4887	87 20	15 24. 5	2.9659	87 20	1. 23
80 0	5 17. 9	2.5023	87 30	16 0. 5	2.9825	87 30	−1. 39
80 20	5 28. 4	2.5164	87 40	16 38. 8	2.9995	87 40	1. 57
80 40	5 39. 5	2.5308	87 50	17 19. 6	3.0169	87 50	1. 77
81 0	5 51. 3	2.5457	88 0	18 3. 1	3.0347	88 0	2. 00
81 20	6 4. 0	2.5611	88 10	18 49. 5	3.0529	88 10	2. 27
81 40	6 17. 5	2.5769	88 20	19 38. 9	3.0715	88 20	−2 59
82 0	6 32. 0	2.5933	88 30	20 31. 5	3.0904	88 30	2 97
82 20	6 47. 6	2.6102	88 40	21 27. 5	3.1097	88 40	3. 42
82 40	7 4. 4	2.6278	88 50	22 26. 9	3.1293	88 50	3. 95
83 0	7 22. 6	2.6460	89 0	23 29. 9	3.1492	89 0	4. 58
83 20	7 42. 2	2.6648	89 10	24 36. 3	3.1692	89 10	−5. 35
83 40	8 3. 5	2.6844	89 20	25 46. 1	3.1892	89 20	6. 27
84 0	8 26. 7	2.7047	89 30	26 58. 7	3.2092	89 30	7. 39
84 20	8 52. 0	2.7259	89 40	28 13. 4	3.2289	89 40	8. 75
84 40	9 19. 8	2.7480	89 50	29 30. 0	3.2480	89 50	10. 44
			90 0	30 45. 7	3.2662	90 0	−12.49

XVIII. A.

Refraction nach Carlini.

Barom. Par.	A	Log. (1 + A)	Therm Reaum.	B	Log. (1 + B)
26 Z 0 L	—0.0714	9.9678	—10°	0.1040	0.0429
26 1	—0.0685	9.9692	— 9	0.0983	0.0407
26 2	—0.0655	9.9706	— 8	0.0926	0.0385
26 3	—0.0625	9.9720	— 7	0.0870	0.0362
26 4	—0.0595	9.9733	— 6	0.0815	0.0340
26 5	—0.0565	9.9747	— 5	0.0760	0.0318
26 6	—0.0536	9.9761	— 4	0.0706	0.0296
26 7	—0.0506	9.9775	— 3	0.0652	0.0274
26 8	—0.0476	9.9788	— 2	0.0599	0.0253
26 9	—0.0446	9.9802	— 1	0.0546	0.0231
26 10	—0.0417	9.9815	0	0.0494	0.0209
26 11	—0.0387	9.9829	1	0.0443	0.0188
27 0	—0.0357	9.9842	2	0.0391	0.0167
27 1	—0.0327	9.9855	3	0.0341	0.0145
27 2	—0.0298	9.9869	4	0.0291	0.0124
27 3	—0.0268	9.9882	5	0.0241	0.0103
27 4	—0.0238	9.9895	6	0.0192	0.0083
27 5	—0.0208	9.9909	7	0.0143	0.0062
27 6	—0.0179	9.9922	8	0.0095	0.0041
27 7	—0.0149	9.9935	9	0.0047	0.0020
27 8	—0.0119	9.9948	10	0.0000	0.0000
27 9	—0.0089	9.9961	11	—0.0047	9.9980
27 10	—0.0060	9.9974	12	—0.0093	9.9959
27 11	—0.0030	9.9987	13	—0.0139	9.9939
28 0	0.0000	0.0000	14	—0.0185	9.9919
28 1	0.0030	0.0013	15	—0.0230	9.9899
28 2	0.0060	0.0026	16	—0.0275	9.9879
28 3	0.0089	0.0039	17	—0.0319	9.9859
28 4	0.0119	0.0051	18	—0.0363	9.9839
28 5	0.0149	0.0064	19	—0.0406	9.9320
28 6	0.0179	0.0077	20	—0.0450	9.9800
			21	—0.0492	9.9781
			22	—0.0535	9.9761
			23	—0.0577	9.9742

Tafel XIX.

Mittlere Refraction für Barometer, 28. 0 Par. Zolle, und 0° Thermomet. Réaum.

z		log. r	Differ. für 1 Min. 0.000	z		log. r	Differ. für 1 Min. 0.000
0°	0′	- - - - - -		12°	0′	1.1059	61
	20	9.5432			20	1.1182	59
	40	9.8443			40	1.1301	58
1	0	0.0204		13	0	1.1418	56
	20	0.1453			20	1.1532	55
	40	0.2422			40	1.1643	54
2	0	0.3213		14	0	1.1752	53
	20	0.3882			20	1.1858	52
	40	0.4465			40	1.1963	51
3	0	0.4976		15	0	1.2064	50
	20	0.5432			20	1.2165	49
	40	0.5845			40	1 2262	48
4	0	0.6231		16	0	1.2359	47
	20	0.6578			20	1.2453	46
	40	0.6902			40	1.2546	45
5	0	0.7205		17	0	1.2637	44
	20	0.7487			20	1.2727	44
	40	0.7750			40	1.2815	43
6	0	0.8001		18	0	1.2902	42
	20	0.8238			20	1.2987	42
	40	0.8460			40	1.3071	41
7	0	0 8676		19	0	1.3153	40
	20	0 8880			20	1.3234	40
	40	0.9074			40	1.3315	39
8	0	0.9262	89	20	0	1.3394	39
	20	0.9442	86		20	1.3472	38
	40	0.9615	83		40	1.3549	38
9	0	0.9781	80	21	0	1.3625	37
	20	0.9942	77		20	1.3700	37
	40	1.0097	75		40	1.3774	36
10	0	1.0247	72	22	0	1.3852	35
	20	1.0393	70		20	1.3920	35
	40	1.0534	68		40	1.3991	35
11	0	1.0671	66	23	0	1.4062	34
	20	1.0804	64		20	1.4132	34
	40	1.0933	63		40	1.4201	34

Tafel XIX.

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n
24° 0′	1.4269	34	38° 0′	1.6710	26	
20	1.4337	34	20	1.6761	26	
40	1.4404	33	40	1.6813	26	
25 0	1.4470	33	39 0	1.6865	26	
20	1.4536	32	20	1.6917	26	
40	1.4601	32	40	1.6968	26	
26 0	1.4665	32	40 0	1.7020	25	
20	1.4729	31	20	1.7071	25	
40	1.4792	31	40	1.7122	25	
27 0	1.4855	31	41 0	1.7173	25	
20	1.4917	31	20	1.7224	25	
40	1.4979	30	40	1.7274	25	
28 0	1.5040	30	42 0	1.7325	25	
20	1.5101	30	20	1.7376	25	
40	1.5161	30	40	1.7427	25	
29 0	1.5220	30	43 0	1.7477	25	
20	1.5280	29	20	1.7527	25	
40	1.5339	29	40	1.7578	25	
30 0	1.5397	29	44 0	1.7628	25	
20	1.5455	29	20	1.7679	25	
40	1.5513	29	40	1.7729	25	
31 0	1.5570	29	45 0	1.7780	25	1.001
20	1.5628	28	20	1.7830	25	1.001
40	1.5684	28	40	1.7881	25	1.001
32 0	1.5741	28	46 0	1.7931	25	1.001
20	1.5797	27	10	1.7956	25	1.001
40	1.5852	27	20	1.7982	25	1.001
33 0	1.5907	27	30	1.8007	25	1.001
20	1.5962	27	40	1.8032	25	1.001
40	1.6018	27	50	1.8057	25	1.001
34 0	1.6072	27	47 0	1.8083	25	1.002
20	1.6126	27	10	1.8108	25	1.002
40	1.6180	27	20	1.8133	25	1.002
35 0	1.6234	27	30	1.8158	26	1.002
20	1.6288	26	40	1.8184	26	1.002
40	1.6341	26	50	1.8209	25	1.002
36 0	1.6394	26	48 0	1.8235	25	1.002
20	1.6447	26	10	1.8260	25	1.002
40	1.6500	26	20	1.8285	26	1.002
37 0	1.6553	26	30	1.8311	25	1.002
20	1.6605	26	40	1.8336	25	1.003
40	1.6657	26	50	1.8361	26	1.003

Tafel XIX.

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n
49° 0′	1.8387	25	1.003	56° 0′	1.9485	27	1.008
10	1.8412	26	1.003	10	1.9512	27	1.008
20	1.8438	25	1.003	20	1.9539	28	1.008
30	1.8463	26	1.003	30	1.9567	27	1.008
40	1.8489	25	1.003	40	1.9594	27	1.008
50	1.8514	26	1.003	50	1.9621	28	1.008
50 0	1.8540	26	1.004	57 0	1.9649	27	1.009
10	1.8566	25	1.004	10	1.9676	28	1.009
20	1.8591	26	1.004	20	1.9704	28	1.009
30	1.8617	26	1.004	30	1.9732	28	1.009
40	1.8643	25	1.004	40	1.9760	27	1.009
50	1.8668	26	1.004	50	1.9787	28	1.009
51 0	1.8694	26	1.005	58 0	1.9815	28	1.009
10	1.8720	26	1.005	10	1.9843	28	1.009
20	1.8746	25	1.005	20	1.9871	29	1.009
30	1.8771	26	1.005	30	1.9900	28	1.009
40	1.8797	26	1.005	40	1.9928	28	1.009
50	1.8823	26	1.005	50	1.9956	28	1.009
52 0	1.8849	26	1.006	59 0	1.9985	28	1.009
10	1.8875	26	1.006	10	2.0013	29	1.009
20	1.8901	26	1.006	20	2.0042	28	1.009
30	1.8927	26	1.006	30	2.0070	29	1.009
40	1.8953	26	1.006	40	2.0090	29	1.009
50	1.8979	26	1.006	50	2.0128	29	1.009
53 0	1.9005	26	1.007	60 0	2.0157	29	1.009
10	1.9032	27	1.007	10	2.0186	29	1.009
20	1.9058	27	1.007	20	2.0215	29	1.009
30	1.9084	27	1.007	30	2.0244	30	1.009
40	1.9111	26	1.007	40	2.0274	29	1.009
50	1.9137	26	1.007	50	2.0303	30	1.009
54 0	1.9163	27	1.008	61 0	2.0333	29	1.009
10	1.9190	26	1.008	10	2.0362	30	1.009
20	1.9216	27	1.008	20	2.0392	30	1.009
30	1.9243	27	1.008	30	2.0422	30	1.009
40	1.9270	26	1.008	40	2.0452	30	1.009
50	1.9296	27	1.008	50	2.0482	30	1.009
55 0	1.9323	27	1.008	62 0	2.0512	31	1.009
10	1.9350	27	1.008	10	2.0543	30	1.009
20	1.9377	27	1.008	20	2.0573	31	1.009
30	1.9404	27	1.008	30	2.0604	30	1.009
40	1.9431	27	1.008	40	2.0634	31	1.009
50	1.9458	27	1.008	50	2.0665	31	1.009

Tafel XIX.

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n
63° 0′	2.0696	31	1.009	70° 0′	2.2141	39	1.011
10	2.0727	31	1.009	10	2.2180	39	1.011
20	2.0758	32	1.009	20	2.2219	40	1.011
30	2.0790	31	1.009	30	2.2259	39	1.012
40	2.0821	32	1.009	40	2.2298	40	1.012
50	2.0853	31	1.009	50	2.2338	41	1.012
64 0	2.0884	32	1.009	71 0	2.2379	40	1.012
10	2.0916	32	1.009	10	2.2419	41	1.012
20	2.0948	32	1.009	20	2.2460	41	1.012
30	2.0980	33	1.009	30	2.2501	42	1.012
40	2.1013	32	1.009	40	2.2543	41	1.012
50	2.1045	33	1.009	50	2.2584	42	1.012
65 0	2.1078	33	1.010	72 0	2.2626	42	1.013
10	2.1111	32	1.010	10	2.2668	43	1.013
20	2.1143	33	1.010	20	2.2711	43	1.013
30	2.1176	34	1.010	30	2.2754	44	1.013
40	2.1210	33	1.010	40	2.2798	43	1.013
50	2.1243	34	1.010	50	2.2841	44	1.013
66 0	2.1277	34	1.010	73 0	2.2885	44	1.014
10	2.1311	33	1.010	10	2.2929	45	1.014
20	2.1344	34	1.010	20	2.2974	46	1.014
30	2.1378	35	1.010	30	2.3020	45	1.014
40	2.1413	34	1.010	40	2.3065	46	1.014
50	2.1447	35	1.010	50	2.3111	47	1.015
67 0	2.1482	35	1.010	74 0	2.3158	46	1.015
10	2.1517	35	1.010	10	2.3204	47	1.015
20	2.1552	35	1.010	20	2.3251	48	1.015
30	2.1587	35	1.010	30	2.3299	48	1.016
40	2.1622	36	1.010	40	2.3347	49	1.016
50	2.1658	36	1.010	50	2.3396	49	1.016
68 0	2.1694	36	1.011	75 0	2.3445	49	0.017
10	2.1730	36	1.011	10	2.3494	50	1.017
20	2.1766	37	1.011	20	2.3544	50	1.017
30	2.1803	36	1.011	30	2.3594	51	1.018
40	2.1839	37	1.011	40	2.3645	52	1.018
50	2.1876	37	1.011	50	2.3697	52	1.018
69 0	2.1913	38	1.011	76 0	2.3749	52	1.019
10	2.1951	37	1.011	10	2.3801	53	1.019
20	2.1988	38	1.011	20	2.3854	53	1.019
30	2.2026	38	1.011	30	2.3907	55	1.020
40	2.2064	39	1.011	40	2.3962	54	1.020
50	2.2103	38	1.011	50	2.4016	56	1.021

Tafel XIX.

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.00	n
77° 0′	2.4072	56	1.021	84° 0′	2.7221	105	1.072
10	2.4128	56	1.021	10	2.7326	107	1.076
20	2.4184	57	1.022	20	2.7433	110	1.080
30	2.4241	58	1.022	30	2.7543	112	1.084
40	2.4299	59	1.023	40	2.7655	114	1.088
50	2.4358	59	1.023	50	2.7769	117	1.092
78 0	2.4417	60	1.024	85 0	2.7888	120	1.096
10	2.4477	60	1.024	10	2.8009	124	1.101
20	2.4537	62	1,025	20	2.8132	126	1.106
30	2 4599	62	1.026	30	2.8259	130	1.112
40	2.4661	63	1.026	40	2.8388	133	1.118
50	2.4724	64	1.027	50	2.8521	136	1.124
79 0	2.4788	64	1.027	86 0	2.8658	140	1,130
10	2.4852	65	1.027	10	2.8798	144	1.138
20	2.4917	67	1.028	20	2.8942	148	1.144
30	2.4984	67	1.028	30	2.9089	153	1.158
40	2.5051	68	1.029	40	2.9241	157	1.161
50	2.5119	69	1-030	50	2.9398	161	1.171
80 0	2.5188	70	1.031	87 0	2.9559	166	1.181
10	2.5258	70	1.032	10	2.9725	171	1.192
20	2.5328	73	1.033	20	2.9896	177	1.203
30	2.5401	73	1.034	30	3.0073	182	1.215
40	2.5474	75	1.035	40	3.0255	188	1.228
50	2.5549	75	1.036	50	3.0444	195	1.243
81 0	2.5624	77	1.037	88 0	3.0639	202	1.259
10	2.5701	78	1.038	10	3.0840	209	1.276
20	2.5779	79	1.039	20	3.1049	217	1.292
30	2.5858	80	1.041	30	3.1266	225	1.309
40	2.5938	81	1.042	40	3.1491	234	1.328
50	2.6019	83	1.043	50	3.1725	243	1.348
82 0	2.6102	84	1.045	89 0	3.1968	253	1.368
10	2.6186	86	1.047	10	3.2222	264	1.389
20	2 6272	87	1.049	20	3.2486	276	1.410
30	2.6359	90	1.051	30	3.2762	288	1.432
40	2.6449	90	1 053	40	3.3051	302	1.454
50	2.6539	92	1.055	50	3.3353	317	1.477
83 0	2.6631	0.00093	1.057	90 0	3.3670		1.500
10	2.6724	096	1.059				
20	2.6820	097	1.062				
30	2.6917	099	1.064				
40	2.7016	101	1.067				
50	2.7117	103	1.069				

Tafel XIX. A.

Barometer in Par. Zollen.

b		b		b		b	
25. 0	9.9508	26. 5	9.9761	28. 0	0.0000	29. 5	0.0227
1	9.9525	6	9.9777	1	0.0015	6	0.0241
2	9.9542	7	9.9794	2	0.0031	7	0.0256
3	9.9560	8	9.9810	3	0.0046	8	0.0271
4	9.9577	26. 9	9.9826	4	0.0062	29. 9	0.0285
5	9.9594	27. 0	9.9842	5	0.6077	30. 0	0.0300
6	9.9611	1	9.9858	6	0.0092	1	0.0314
7	9.9628	2	9.9874	7	0.0107	2	0.0328
8	9.9645	3	9.9890	8	0.0122	3	0.0343
25. 9	9.9661	4	9.9906	28. 9	0.0137	4	0.0357
26. 0	9.9678	5	9.9922	29. 0	0.0152	5	0.0371
1	9.9695	6	9.9937	1	0.0167	6	0.0386
2	9.9711	7	9.9953	2	0.0182	7	0.0400
3	9.9728	8	9.9969	3	0.0197	8	0.0414
4	9.9744	27. 9	9.9984	4	0.0212	30. 9	0.0428

Inneres Thermometer Réaum.

t′		t′		t′		t′	
— 0°	0.0000	+ 0	0.0000	—20	0.0020	+20	9.9980
— 5	0.0005	+ 5	9.9995	—25	0.0024	+25	9.9976
—10	0.0010	+10	9.9990	—30	0.0029	+30	9.9971
—15	0.0015	+15	9.9985				

Äusseres Thermometer Réaum.

t +		t —		t +		t —	
0°	0.0000	0°	+0.0000	15°	—0.0287	15	+0.0307
1	—0.0020	1	0.0020	16	—0.0305	16	0.0329
2	—0.0039	2	0.0040	17	—0.0324	17	0.0350
3	—0.0059	3	0.0060	18	—0.0342	18	0.0372
4	—0.0078	4	0.0080	19	—0.0360	19	0.0393
5	—0.0098	5	0.0100	20	—0.0379	20	0.0415
6	—0.0117	6	0.0120	21	—0.0397	21	0.0437
7	—0.0136	7	0.0141	22	—0.0415	22	0.0459
8	—0.0155	8	0.0161	23	—0.0433	23	0.0481
9	—0.0174	9	0.0182	24	—0.0451	24	0.0503
10	—0.0193	10	0.0202	25	—0.0468	25	0.0525
11	—0.0212	11	0.0223	26	—0.0486	26	0.0547
12	—0.0231	12	0.0244	27	—0.0504	27	0.0570
13	—0.0250	13	0.0265	28	—0.0521	28	0.0593
14	—0.0268	14	0.0286	29	—0.0539	29	0.0615

Tafel XX.

Barker's parabolische Kometentafel.

v		M	v		M	v		M
0°	0′	0.05455	15°	0′	9.93098	30°	0′	20.57713
0	30	0.32725	15	30	10.27007	30	30	20.95392
1	0	0.65453	16	0	10.60995	31	0	21.33256
1	30	0.98183	16	30	10 95069	31	30	21.71301
2	0	1.30927	17	0	11.29227	32	0	22.09532
2	30	1.63678	17	30	11.63473	32	30	22.47956
3	0	1.96439	18	0	11.97816	33	0	22.86577
3	30	2.29217	18	30	12.32252	33	30	23.25396
4	0	2.62012	19	0	12.66785	34	0	23.64422
4	30	2.94827	19	30	13.01417	34	30	24.03656
5	0	3.27665	20	0	13.36157	35	0	24.43103
5	30	3.60528	20	30	13.71002	35	30	24.82767
6	0	3.93418	21	0	14.05959	36	0	25.22653
6	30	4.26328	21	30	14.41028	36	30	25.62766
7	0	4.59292	22	0	14.76215	37	0	26.03112
7	30	4.92280	22	30	15.11520	37	30	26 43693
8	0	5.25306	23	0	15.46946	38	0	26.85417
8	30	5.58381	23	30	15.82499	38	30	27.25585
9	0	5.91481	24	0	16.18182	39	0	27.66905
9	30	6.24635	24	30	16.53997	39	30	28.08482
10	0	6.57840	25	0	16.89949	40	0	28.50319
10	30	6.91093	25	30	17.26039	40	30	28.92421
11	0	7.24400	26	0	17.62274	41	0	29.34798
11	30	7.57763	26	30	17.98655	41	30	29.77451
12	0	7.99184	27	0	18.35185	42	0	30.20387
12	30	8.24667	27	30	18.71868	42	30	30.63612
13	0	8.58214	28	0	19.08708	43	0	31.07132
13	30	8.91830	28	30	19.45706	43	30	31.50951
14	0	9.25512	29	0	19.82874	44	0	31.95077
14	30	9.59268	29	30	20.20208	44	30	32.39514

Tafel XX.

v		log M	v		log M	v		log M
45°	0′	1.516439	63°	0′	1.713601	81°	0′	1.901085
45	30	1.522360	63	30	1.718797	81	30	1.906429
46	0	1.528243	64	0	1.723988	82	0	1.911789
46	30	1.534091	64	30	1.729173	82	30	1.917164
47	0	1.539905	65	0	1.734354	83	0	1.922555
47	30	1.545685	65	30	1.739530	83	30	1.927962
48	0	1.551432	66	0	1.744703	84	0	1.933385
48	30	1.557149	66	30	1.749873	84	30	1.938826
49	0	1.562836	67	0	1.755041	85	0	1.944286
49	30	1.568494	67	30	1.760206	85	30	1.949763
50	0	1.574123	68	0	1.765371	86	0	1.955260
50	30	1.579726	68	30	1.770535	86	30	1.960774
51	0	1.585303	69	0	1.775698	87	0	1.966314
51	30	1.590855	69	30	1.780863	87	30	1.971872
52	0	1.596383	70	0	1.786028	88	0	1.977452
52	30	1.601888	70	30	1.791196	88	30	1.983054
53	0	1.607370	71	0	1.796365	89	0	1.988679
53	30	1.612832	71	30	1.801537	89	30	1.994327
54	0	1.618272	72	0	1.806713	90	0	2.000000
54	30	1.623694	72	30	1.811892	90	30	2.005697
55	0	1.629096	73	0	1.817077	91	0	2.011421
55	30	1.634481	73	30	1.822266	91	30	2.017169
56	0	1.639848	74	0	1.827460	92	0	2.022945
56	30	1.645199	74	30	1.832661	92	30	2.028749
57	0	1.650534	75	0	1.837869	93	0	2.034580
57	30	1.655854	75	30	1.843083	93	30	2.040440
58	0	1.661160	76	0	1.848306	94	0	2.046330
58	30	1.666453	76	30	1.853537	94	30	2.052250
59	0	1.671733	77	0	1.858777	95	0	2.058200
59	30	1.677001	77	30	1.864026	95	30	2.064183
60	0	1.682258	78	0	1.869286	96	0	2.070198
60	30	1.687504	78	30	1.874556	96	30	2.076246
61	0	1.692741	79	0	1.879837	97	0	2.082328
61	30	1.697968	79	30	1.885130	97	30	2.088445
62	0	1.703187	80	0	1.890435	98	0	2.094597
62	30	1.708397	80	30	1.895753	98	30	2.100786

Tafel XX.

v (°)	v (′)	log M	v (°)	v (′)	log M	v (°)	v (′)	log M
99°	0′	2.107011	117°	0′	2.363663	135°	0′	2.726599
99	30	2.113274	117	30	2.371956	135	30	2.739120
100	0	2.119576	118	0	2.380329	136	0	2.751813
100	30	2.125917	118	30	2.388784	136	30	2.764683
101	0	2.132299	119	0	2.397321	137	0	2.777732
101	30	2.138722	119	30	2.405943	137	30	2.790966
102	0	2.145187	120	0	2.414652	138	0	2.804390
102	30	2.151694	120	30	2.423449	138	30	2.818007
103	0	2.158246	121	0	2.432336	139	0	2.831822
103	30	2.164842	121	30	2.441314	139	30	2.845842
104	0	2.171485	122	0	2.450387	140	0	2.860070
104	30	2.178173	122	30	2.459555	140	30	2.874513
105	0	2.184909	123	0	2.468821	141	0	2.889175
105	30	2.191694	123	30	2.478186	141	30	2.904064
106	0	2.198528	124	0	2.487653	142	0	2.919183
106	30	2.205413	124	30	2.497224	142	30	2.934540
107	0	2.212349	125	0	2.506901	143	0	2.950142
107	30	2.219338	125	30	2.516686	143	30	2.965995
108	0	2.226381	126	0	2.526581	144	0	2.982105
108	30	2.233478	126	30	2.536590	144	30	2.998480
109	0	2.240631	127	0	2.546713	145	0	3.015128
109	30	2.247842	127	30	2.556955	145	30	3.032057
110	0	2.255110	128	0	2.567317	146	0	3.049273
110	30	2.262438	128	30	2.577801	146	30	3.066788
111	0	2.269826	129	0	2.588411	147	0	3.084607
111	30	2.277275	129	30	2.599149	147	30	3.102742
112	0	2.284788	130	0	2.610019	148	0	3.121202
112	30	2.292365	130	30	2.621022	148	30	3.139997
113	0	2.300007	131	0	2.632162	149	0	3.159137
113	30	2.307716	131	30	2.643443	149	30	3.178634
114	0	2.315493	132	0	2.654866	150	0	3.198498
114	30	2.323339	132	30	2.666435	150	30	3.218744
115	0	2.331256	133	0	2.678155	151	0	3.239382
115	30	2.339246	133	30	2.690027	151	30	3.260427
116	0	2.347309	134	0	2.702056	152	0	3.281892
116	30	2.355448	134	30	2.714246	152	30	3.303793

Tafel XX.

v	log M	v	log M	v	log M
153° 0′	3.326145	162° 0′	3.830315	171° 0′	4.717983
153 30	3.348964	162 30	3.865917	171 30	4.791885
154 0	3.372268	163 0	3.902612	172 0	4.870333
154 30	3.396077	163 30	3.940460	172 30	4.953913
155 0	3.420406	164 0	3.979533	173 0	5.043328
155 30	3.445280	164 30	4.019908	173 30	5.139439
156 0	3.470719	165 0	4.061667	174 0	5.243316
156 30	3.496747	165 30	4.104904	174 30	5.356305
157 0	3.523388	166 0	4 149720	175 0	5.480137
157 30	3.550668	166 30	4.196228	175 30	5.617097
158 0	3.578615	167 0	4 244554	176 0	5.770275
158 30	3.607260	167 30	4 294838	176 30	5.944003
159 0	3.636635	168 0	4.347239	177 0	6.144629
159 30	3.666774	168 30	4.401934	177 30	6.381991
160 0	3.697712	169 0	4.459124	178 0	6.672572
160 30	3.729492	169 30	4.519040	178 30	7.047273
161 0	3.762154	170 0	4.581944	179 0	7.575464
161 30	3.795745	170 30	4.648141	179 30	8.478504
				180 0	. . . . . .

Tafel XXI.

Dimensionen der Erde.

Abplattung $\frac{1}{300}$

Geogr. Breite	Breitengrad in Toisen	Längengrad in Toisen	Logar. des Radius des Beobachters	Winkel der Vertic. mit dem Radius
0°	56756	57136	0.000000	0′ 0.″ 0
1	56756	57128	9.999999	0 24. 0
2	56757	57102	9998	0 47. 9
3	56758	57058	9996	1 11. 8
4	56759	56998	9993	1 35. 5
5	56760	56920	9989	1 59. 2
6	56762	56825	9984	2 22. 7
7	56764	56713	9979	2 46. 1
8	56767	56584	9972	3 9. 2
9	56770	56437	9965	3 32. 1
10	56773	56274	9957	3 54. 8
11	56777	56093	9948	4 17. 2
12	56781	55816	9938	4 39. 3
13	56785	55681	9927	5 1. 0
14	56789	55450	9916	5 22. 4
15	56794	55202	9904	5 43. 4
16	56798	54937	9891	6 3. 9
17	56804	54655	9877	6 24. 1
18	56810	54357	9863	6 43. 7
19	56816	54053	9848	7 2. 9
20	56822	53712	9832	7 21. 6
21	56829	53365	9815	7 39. 7
22	56836	53002	9798	7 57. 3
23	56843	52622	9780	8 14. 2
24	56850	52226	9762	8 30. 7
25	56857	51814	9743	8 46. 4
26	56865	51387	9724	9 1. 6
27	56873	50944	9703	9 16. 1
28	56881	50485	9683	9 29. 9
29	56889	50012	9662	9 43. 0

Tafel XXI.

Geogr. Breite	Breitengrad in Toisen	Längengrad in Toisen	Logar. des Radius des Beobachters	Winkel der Vertic. mit dem Radius
30	56898	49523	9.999640	9′ 55.″4
31	56906	49019	9618	10 7. 2
32	56915	48500	9596	10 18. 1
33	56924	47966	9573	10 28. 3
34	56934	47418	9550	10 37. 8
35	56943	46855	9526	10 46. 4
36	56952	46277	9502	10 54. 3
37	56962	45686	9478	11 1. 4
38	56971	45081	9454	11 7. 7
39	56981	44462	9429	11 13. 2
40	56991	43829	9404	11 17. 9
41	57001	43183	9379	11 21. 7
42	57011	42524	9354	11 24. 7
43	57021	41852	9329	11 26. 9
44	57030	41167	9304	11 28. 2
45	57040	40469	9279	11 28. 7
46	57050	39759	9253	11 28. 4
47	57060	39036	9228	11 27. 3
48	57070	38302	9203	11 25. 2
49	57080	37556	9178	11 22. 3
50	57090	36799	9152	11 18. 6
51	57100	36030	9128	11 14. 1
52	57110	35250	9103	11 8. 8
53	57119	34459	9078	11 2. 6
54	57129	33657	9054	10 55. 7
55	57138	32845	9030	10 47. 9
56	57148	32024	9006	10 39. 4
57	57157	31192	8983	10 30. 0
58	56166	30350	8960	10 19. 9
59	57175	29499	8937	10 9. 0
60	57184	28640	8915	9 57. 4
61	57192	27772	8893	9 45. 1
62	57201	26894	8872	9 32. 0
63	57209	26009	8851	9 18. 3
64	57217	25115	8831	9 3. 8

Tafel XXI.

Geogr. Breite	Breitengrad in Toisen	Längengrad in Toisen	Logar. des Radius des Beobachters	Winkel der Vertic. mit dem Radius
65	57225	24213	9.998811	8′ 48.″7
66	57232	23305	8792	8 32. 9
67	57239	22389	8773	8 16. 6
68	57246	21466	8755	7 59. 6
69	57256	20536	8738	7 42. 0
70	57260	19599	8721	7 23. 8
71	57266	18657	8705	7 5. 1
72	57272	17709	8690	6 45. 9
73	57278	16756	8675	6 26. 2
74	57284	15798	8661	6 6. 0
75	57289	14835	8648	5 45. 0
76	57294	13866	8636	5 24. 3
77	57298	12893	8624	5 2. 8
78	57302	11917	8613	4 41. 0
79	57306	10937	8603	4 18. 8
80	57310	9953	8594	3 56. 3
81	57313	8967	8586	3 33. 5
82	57316	7978	8578	3 10. 4
83	57319	6986	8572	2 47. 2
84	57321	5992	8566	2 23. 7
85	57323	4996	8561	2 0. 0
86	57324	3999	8557	1 36. 2
87	57325	3000	8554	1 12. 3
88	57326	2000	8552	0 48. 2
89	57327	1000	8550	0 24. 1
90	57327	0000	8550	0 0. 0

Tafel XXII.

Tägliche Aberration in Rectascension zur Zeit der Culmination der Fixsterne.

	Polhöhe.										
Poldist.	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	Poldist.
1°	17.4	17.1	16.4	15.1	13.3	11.2	8.7	6.0	3.0	0.0	1°
Polarst.	10.0	9.8	9.3	8.6	7.6	6.4	5.0	3.4	1.7	0.0	Polarst.
2	8.7	8.6	8.2	7.5	6.7	5.6	4.4	3.0	1.5	0.0	2
3	5.8	5.7	5.5	5.0	4.4	3.7	2.9	2.0	1.0	0.0	3
6	2.9	2.9	2.7	2.5	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	0.0	6
9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.2	1.0	0.7	0.3	0.0	9
12	1.5	1.4	1.4	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	0.2	0.0	12
15	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0	15
18	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.2	0.0	18
21	1.0	0.8	0.8	1.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	21
24	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	24
27	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	27
30	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	30
35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	35
40	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	40
45	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	45
50	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	50
55	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	55
60	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	60
70	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	70
80	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	80
90	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	90

Tafel XXIII.

Jahre	Supplem. des ☊ ☾
1830	186.°96
1831	206. 29
1832	225. 67
1833	245. 00
1834	264. 33
1835	283. 66
1836	303. 04
1837	322. 37
1838	341. 70
1839	1. 03
1840	20. 41
1841	39. 74
1842	59. 07
1843	78. 40
1844	97. 77
1845	117. 10
1846	136. 43
1847	155. 76
1848	175. 14
1849	194. 47
1850	213. 80
1851	233. 13
1852	252. 51
1853	271. 84
1854	291. 17
1855	310. 50
1856	329. 88
1857	349. 21
1858	8. 54
1859	27. 87
1860	47. 24

Monate	Supplem. des ☊ ☾
Febr. 0	1.°64
März 0	3. 12
April 0	4. 76
May 0	6. 35
Juny 0	7. 99
July 0	9. 59
Aug. 0	11. 23
Sept. 0	12. 87
Oct. 0	14. 46
Nov. 0	16. 10
Dec. 0	17. 69
Tage	
Tag 1	0. 05
2	0. 11
3	0. 16
4	0. 21
5	0. 26
6	0. 32
7	0. 37
8	0. 42
9	0. 48
10	0. 53
20	1. 06
30	1. 59

Monatstage	Theile d. Jahres
Jan. 10	0.03
20	0.05
30	0.08
Febr. 9	0.11
19	0.14
März 1	0.16
11	0.19
21	0.22
31	0.25
April 10	0.27
20	0.30
30	0.33
May 10	0.36
20	0.38
30	0.41
Juny 9	0.44
19	0.47
29	0.49
July 9	0.52
19	0.55
29	0.58
Aug. 8	0.60
18	0.63
28	0.66
Sept. 7	0.68
17	0.71
27	0.74
Oct. 7	0.77
17	0.79
27	0.82
Nov. 6	0.85
16	0.88
26	0.90
Dec. 6	0.93
16	0.96
26	0.98

Monatstage	Zahl der Tage im gem. Jahr
Jan. 0	0
Febr. 0	31
März 0	59
April 0	90
May 0	120
Juny 0	151
July 0	181
Aug. 0	212
Sept. 0	243
Octob. 0	273
Nov. 0	304
Dec. 0	334

Factor 0.00274

	Logar. der Horiz. parall. d. Sonne: mittlere = 8″. 6
Jan. 1	0.9419
Febr. 1	0.9408
März 1	0.9383
April 1	0.9345
May 1	0.9310
Juny 1	0.9283
July 1	0.9273
Aug. 1	0.9281
Sept. 1	0.9307
Octob. 1	0.9343
Nov. 1	0.9380
Dec. 1	0.9408

Tafel XXIV.

Zur Interpolation mit zweyten und dritten Differenzen.

Stund.	Min.	n +	$\frac{1}{2}n(n-1)$ —	$\frac{1}{6}n(n-1)(n-2)$ +
0^h	0′	0.0000	0.0000	0.0000
	10	0.0069	0.0034	0.0023
	20	0.0139	0.0068	0.0045
	30	0.0208	0.0102	0.0067
	40	0.0278	0.0135	0.0089
	50	0.0347	0.0167	0.0110
1	0	0.0417	0.0200	0.0130
	10	0.0486	0.0231	0.0150
	20	0.0556	0.0262	0.0170
	30	0.0625	0.0293	0.0189
	40	0.0694	0.0323	0.0208
	50	0.0764	0.0353	0.0226
2	0	0.0833	0.0382	0.0244
	10	0.0903	0.0411	0.0261
	20	0.0972	0.0439	0.0278
	30	0.1042	0.0467	0.0295
	40	0.1111	0.0494	0.0311
	50	0.1181	0.0521	0.0327
3	0	0.1250	0.0547	0.0342
	10	0.1319	0.0573	0.0357
	20	0.1389	0.0598	0.0371
	30	0.1458	0.0623	0.0385
	40	0.1528	0.0647	0.0399
	50	0.1597	0.0671	0.0412
4	0	0.1667	0.0694	0.0424
	10	0.1736	0.0717	0.0437
	20	0.1806	0.0740	0.0449
	30	0.1875	0.0762	0.0460
	40	0.1944	0.0783	0.0471
	50	0.2014	0.0804	0.0482
5	0	0.2083	0.0825	0.0493
	10	0.2153	0.0845	0.0503
	20	0.2222	0.0864	0.0512
	30	0.2292	0.0883	0.0521
	40	0.2361	0.0902	0.0530
	50	0.2431	0.0920	0.0539
6	0	0.2500	0.0938	0.0547
	10	0.2569	0.0955	0.0555
	20	0.2639	0.0971	0.0562
	30	0.2708	0.0987	0.0569
	40	0.2778	0.1003	0.0576
	50	0.2847	0.1018	0.0582

Tafel XXIV.

Stund.	Min.	n +	$\frac{1}{2}$ n (n—1) —	$\frac{1}{6}$ n (n—1) (n—2) +
7	0	0.2917	0.1033	0.0588
	10	0.2986	0.1047	0.0594
	20	0.3056	0.1061	0.0599
	30	0.3125	0.1074	0.0604
	40	0.3194	0.1087	0.0609
	50	0.3264	0.1099	0.0613
8	0	0.3333	0.1111	0.0617
	10	0.3403	0.1123	0.0621
	20	0.3472	0.1133	0.0624
	30	0.3542	0.1144	0.0627
	40	0.3611	0.1154	0.0630
	50	0.3681	0.1163	0.0633
9	0	0.3750	0.1172	0.0635
	10	0.3819	0.1180	0.0637
	20	0.3889	0.1188	0.0638
	30	0.3958	0.1196	0.0639
	40	0.4028	0.1203	0.0640
	50	0.4097	0.1209	0.0641
10	0	0.4167	0.1215	0.0641
	10	0.4236	0.1221	0.0642
	20	0.4306	0.1226	0.0641
	30	0.4375	0.1231	0.0641
	40	0.4444	0.1235	0.0640
	50	0.4514	0.1238	0.0639
11	0	0.4583	0.1241	0.0638
	10	0.4653	0.1244	0.0636
	20	0.4722	0.1246	0.0635
	30	0.4792	0.1248	0.0633
	40	0.4861	0.1249	0.0630
	50	0.4931	0.1250	0.0628
12	0	0.5000	0.1250	0.0625
	10	0.5069	0.1250	0.0622
	20	0.5139	0.1249	0.0619
	30	0.5208	0.1248	0.0615
	40	0.5278	0.1246	0.0612
	50	0.5347	0.1244	0.0608
13	0	0.5417	0.1241	0.0603
	10	0.5486	0.1238	0.0599
	20	0.5556	0.1235	0.0594
	30	0.5625	0.1231	0.0590
	40	0.5694	0.1226	0.0585
	50	0.5764	0.1221	0.0579

Tafel XXIV.

Stund.	Min.	n +	$\frac{1}{2}$ n (n—1) —	$\frac{1}{6}$ n (n—1) (n—2) +
14h	0′	0.5833	0.1215	0.0574
	10	0.5903	0.1209	0.0568
	20	0.5972	0.1203	0.0562
	30	0.6042	0.1196	0.0556
	40	0.6111	0.1188	0.0550
	50	0.6181	0.1180	0.0544
15	0	0.6250	0.1172	0.0537
	10	0.6319	0.1163	0.0530
	20	0.6389	0.1154	0.0523
	30	0.6458	0.1144	0.0516
	40	0.6528	0.1133	0.0509
	50	0.6597	0.1123	0.0502
16	0	0.6667	0.1111	0.0494
	10	0.6736	0.1099	0.0486
	20	0.6806	0.1087	0.0478
	30	0.6875	0.1074	0.0470
	40	0.6944	0.1061	0.0462
	50	0.7014	0.1047	0.0453
17	0	0.7083	0.1033	0.0445
	10	0.7153	0.1018	0.0436
	20	0.7222	0.1003	0.0427
	30	0.7292	0.0987	0.0418
	40	0.7361	0.0971	0.0409
	50	0.7431	0.0955	0.0400
18	0	0.7500	0.0938	0.0391
	10	0.7569	0.0920	0.0381
	20	0.7639	0.0902	0.0372
	30	0.7708	0.0883	0.0362
	40	0.7778	0.0864	0.0352
	50	0.7847	0.0845	0.0342
19	0	0.7917	0.0825	0.0332
	10	0.7986	0.0804	0.0322
	20	0.8056	0.0783	0.0312
	30	0.8125	0.0762	0.0302
	40	0.8194	0.0740	0.0291
	50	0.8264	0.0717	0.0281
20	0	0.8333	0.0694	0.0270
	10	0.8403	0.0671	0.0259
	20	0.8472	0.0647	0.0249
	30	0.8542	0.0623	0.0238
	40	0.8611	0.0598	0.0227
	50	0.8681	0.0573	0.0216

Tafel XXIV.

Stund.	Min.	n +	$\frac{1}{2}n(n-1)$ —	$\frac{1}{6}n(n-1)(n-2)$ +
21	0	0.8750	0.0547	0.0205
	10	0.8819	0.0521	0.0194
	20	0.8889	0.0494	0.0183
	30	0 8958	0.0467	0.0172
	40	0 9028	0.0439	0.0161
	50	0 9097	0.0411	0.0149
22	0	0.9167	0.0382	0.0138
	10	0.9236	0.0353	0 0127
	20	0.9306	0.0323	0.0115
	30	0.9375	0.0293	0.0104
	40	0 9444	0.0262	0.0092
	50	0.9514	0.0231	0.0081
23	0	0.9583	0.0200	0.0069
	10	0.9653	0.0168	0.0058
	20	0.9722	0.0135	0.0046
	30	0.9792	0.0102	0.0035
	40	0.9861	0.0069	0.0023
	50	0.9931	0 0035	0 0012
24	0	1.0000	0.0000	0.0000

Tafel XXV.

Zur Interpolation mit zweyten Differenzen.

n	n (n—1) / 2	n	n	n (n—1) / 2	n
0.00	0.000	1.00	0.30	0.105	0.70
0.01	0.005	0.99	0.31	0.107	0.69
0.02	0.010	0.98	0.32	0.109	0.68
0.03	0.015	0.97	0.33	0.111	0.67
0.04	0.020	0.96	0.34	0.112	0.66
0.05	0.024	0.95	0.35	0.114	0.65
0.06	0.028	0.94	0.36	0.115	0.64
0.07	0.033	0.93	0.37	0.117	0.63
0.08	0.037	0.92	0.38	0.118	0.62
0.09	0.041	0.91	0.39	0.119	0.61
0.10	0.045	0.90	0.40	0.120	0.60
0.11	0.049	0.89	0.41	0.121	0.59
0.12	0.053	0.88	0.42	0.122	0.58
0.13	0.057	0.87	0.43	0.123	0.57
0.14	0.060	0.86	0.44	0.123	0.56
0.15	0.064	0.85	0.45	0.123	0.55
0.16	0.067	0.84	0.46	0.124	0.54
0.17	0.071	0.83	0.47	0.124	0.53
0.18	0.074	0.82	0.48	0.125	0.52
0.19	0.077	0.81	0.49	0.125	0.51
0.20	0.080	0.80	0.50	0.125	0.50
0.21	0.083	0.79	0.51	0.125	0.49
0.22	0.086	0.78	0.52	0.125	0.48
0.23	0.088	0.77	0.53	0.124	0.47
0.24	0.091	0.76	0.54	0.124	0.46
0.25	0.094	0.75	0.55	0.123	0.45
0.26	0.096	0.74	0.56	0.123	0.44
0.27	0.100	0.73	0.57	0.123	0.43
0.28	0.101	0.72	9.58	0.123	0.42
0.29	0.103	0.71	0.59	0.121	0.41

Tafel XXVI.

Verzeichniss der vorzüglichsten Fixsterne für den Anfang des Jahres 1800 nach Piazzi.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
γ Pegasi . .	2.3	0°	44′	15.″9	46.″07	75°	55′	43.″4	19.″97
8 ι Ceti . .	4	2	18	30. 6	45. 96	99	55	58. 5	20. 09
α Phoenicis .	2	4	5	30. 9	44. 69	133	23	35. 8	20. 01
15 κ Cassiopeiae	4	5	26	0. 3	49. 59	28	10	27. 7	19. 99
17 ζ Cassiopeiae	4	6	28	30. 7	49. 12	37	12	20. 6	19. 94
29 π Andromedae	4.5	6	33	33. 0	47. 81	57	23	0. 2	20. 03
30 ε Andromedae	4	7	0	12. 0	47. 25	61	46	34. 5	19. 71
31 δ Andromedae	3	7	9	57. 3	47. 82	60	14	5. 8	19. 82
18 α Cassiopeiae	3	7	18	35. 7	49. 70	34	33	42. 4	19. 83
16 β Ceti . .	2.3	8	23	11. 0	45. 24	109	5	11. 0	19. 92
34 ζ Andromedae	4	9	11	28. 0	47. 31	66	49	23. 2	19. 71
24 η Cassiopeiae	4	9	16	21. 0	52. 75	33	14	57. 7	19. 08
35 ν Andromedae	4	9	42	29. 4	49. 68	50	0	48. 2	19. 68
γ Cassiopejae .	3	11	11	7. 6	52. 68	30	22	8. 6	19. 72
37 μ Andromedae	4	11	25	29 7	50. 28	52	35	19. 0	20. 07
α Ursae min. .	2.3	13	6	19. 5	194.10	1	45	35. 7	19. 54
71 ε Piscium .	4	13	8	37. 8	46. 43	83	11	22. 5	19. 60
31 η Ceti . .	3.4	14	38	0 0	45. 31	101	14	42 8	19. 31
43 β Andromedae	2	14	38	33. 7	49. 88	55	26	36. 5	19. 31
33 θ Cassiopeiae	4 5	14	45	15. 0	53. 29	35	55	7. 0	19. 60
36 ψ Cassiopeiae	4.5	17	59	51. 0	60. 70	22	55	11. 6	19. 08
37 δ Cassiopeiae	3	18	12	43. 8	57. 20	30	48	33. 8	18. 90
45 θ Ceti . .	3	18	30	25. 8	44. 82	99	13	9. 5	18. 85
γ Phoenicis .	3	19	54	50. 1	39. 24	134	20	48. 3	18. 62
99 η Piscium .	4	20	12	2. 4	47. 88	75	41	22. 7	18. 77
51 B² Andromedae	3.4	21	26	48. 6	54. 08	42	23	26. 6	18. 67
52 τ Ceti . .	3.4	23	41	39. 0	41. 72	106	59	40. 5	19. 21
45 ε Cassiopeiae	3 4	25	2	24. 6	62. 43	27	19	23. 2	18. 03
55 ζ Ceti . .	3	25	23	51. 0	44. 16	101	19	42. 5	18. 23
2 α Triang. bor.	3.4	25	25	43. 5	50. 77	61	24	7. 7	17. 76
5 γ Arietis . .	4.5	25	38	43. 8	49. 06	71	41	22. 6	17. 97
. . . . .	4.5	.	.	. .	. .	71	41	31. 5	17. 97
6 β Arietis . .	3	25	54	12. 6	49. 34	70	10	31. 0	17. 82
50 F Cassiopeiae	4.5	26	39	40. 5	72. 86	18	33	22. 7	17. 93
59 υ² Ceti . .	4.5	27	38	41. 4	42. 37	112	3	7. 0	17. 82

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
57 γ Andromedae	3.4	27°	55′	11.″5	54.″57	48°	38′	14.″5	17.″62
13 ϖ Arietis .	3	28	58	54. 0	50. 27	67	29	23. 5	17. 35
4 β Trianguli .	4	29	25	21. 0	53. 03	55	57	55. 4	17. 41
Mira (variab.) .	.	32	18	45. 6	45. 13	93	53	31. 2	16. 81
Cassiopeiae .	4.5	33	11	58. 6	71. 30	23	30	30. 0	16. 79
78 ν Ceti . .	4.5	36	20	53. 5	46. 83	85	17	12. 0	16. 03
82 δ Ceti . .	4	37	18	39. 0	46. 00	90	32	31. 0	15. 91
63 ε Ceti . .	4.5	37	28	27. 4	43. 43	102	43	41. 0	15. 48
13 θ Persei .	4	37	39	12. 0	60. 51	41	37	39. 3	15. 78
35 Arietis . .	4	37	56	10. 8	52. 43	63	9	10. 0	15. 78
1 Eridani . .	4.5	38	11	32. 7	35. 36	130	43	1. 5	15. 77
86 γ Ceti . .	3	38	14	14. 4	46. 21	87	36	53. 5	15. 56
87 μ Ceti . .	4	38	32	10. 5	48. 14	80	44	16. 0	15. 90
89 π Ceti . .	4	38	39	7. 2	42. 72	104	42	41. 0	15. 78
39 ♈ Lil. bor.	4	39	0	31. 5	53. 10	61	35	34. 0	15. 46
16 p′ Persei .	4.5	39	30	9. 0	56. 20	52	30	52. 4	15. 40
41 ♈ Lil. aust.	3	39	33	40. 5	52. 59	63	34	22. 0	15. 33
2 τ² Eridani .	4.5	40	29	32. 4	40. 82	111	50	4. 8	15. 26
3 η Eridani .	3	41	39	59. 7	43. 92	99	42	4. 0	14. 69
23 γ Persei .	4	42	35	56. 1	63. 73	37	17	21. 0	14. 72
θ Eridani praec.	4.5	42	40	15. 0	34. 07	131	6	44. 5	14. 75
92 α Ceti . .	2.3	42	57	34. 3	46. 75	86	42	11. 2	14. 53
25 ρ Persei .	4	43	6	5. 4	57. 03	51	56	43. 6	14. 54
11 Eridani . .	4	43	23	39. 9	39. 78	114	24	54. 4	14. 53
Persei . . .	4	43	40	36. 6	61. 89	41	9	50. 0	14. 51
26 β Persei (var.)	. .	43	48	3. 6	57. 88	49	49	33. 0	14. 44
57 δ Arietis .	4	45	3	14. 4	51. 16	71	2	22. 5	14. 17
13 ζ Eridani	4	46	31	53. 7	43. 47	99	34	14. 5	13. 82
33 α Persei .	2.3	47	31	42. 4	62. 94	40	51	47. 0	13. 53
16 Eridani . .	3.4	47	39	21. 9	39. 90	112	29	39. 0	13. 51
e Eridani . .	4	47	59	13. 5	36. 02	133	50	34. 0	14. 26
Camelopard .	4	48	14	51. 0	71. 18	30	46	20. 0	13. 36
. . . . . .	4.5	48	30	46. 5	70. 25	31	49	48. 0	13. 29
1 ο Tauri . .	4.5	48	30	58. 2	48. 00	81	41	3. 9	13. 16
2 ξ Tauri . .	4	49	5	10. 8	48. 37	80	58	26. 5	13. 14
17 Eridani .	4.5	50	10	33. 6	44. 63	95	46	12. 0	12. 81
18 ε Eridani .	4	50	52	43. 9	43. 25	100	8	37. 0	12. 66
19 Eridani . .	4	51	14	24. 0	39. 62	112	18	42. 5	12. 56
39 δ Persei .	3.4	52	11	12. 6	63. 16	42	51	58. 0	12. 20
41 ν Persei .	4.5	52	54	43. 5	60. 42	48	3	58. 1	12. 10

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
Persei . . .	4	52°	57′	12.″4	55.″91	58°	21′	26.″7	12.″09
17 b Pleiadum	4.5	53	15	21. 3	53. 01	66	31	34. 0	11. 98
23 δ Eridani .	3.4	53	25	9. 3	42. 84	100	26	56. 2	11. 36
25 η Pleiadum	3	53	54	16. 3	53. 04	66	31	29. 0	11. 73
44 ζ Persei .	3.4	55	23	50. 4	55. 93	58	43	22. 5	11. 39
45 ε Persei .	3.4	56	7	7. 3	59. 73	50	34	54. 2	11. 19
34 γ Eridani .	2.3	57	10	33. 6	41. 97	104	5	12. 0	10. 77
35 λ Tauri . .	4	57	24	10. 3	49. 77	78	5	5. 7	10. 81
51 μ Persei .	4.5	60	3	59. 4	65. 36	42	6	52. 6	9. 83
38 ο Eridani .	4.5	60	31	37. 0	43. 89	97	22	9. 0	9. 91
54 γ Tauri .	3.4	62	6	22. 8	50. 98	74	52	2. 6	9. 30
41 Eridani . .	3.4	62	34	54. 6	33. 89	124	17	40. 5	9. 24
61 δ¹ Tauri .	4	62	51	13. 2	51. 62	72	56	16. 4	9. 11
64 δ² Tauri .	4.5	63	8	44. 1	51. 62	73	1	52. 2	9. 01
43 Eridani . .	4.5	64	7	57. 0	33. 64	124	29	20. 5	8. 75
74 ε Tauri . .	4	64	14	17. 1	52. 35	71	16	32. 5	8. 59
87 α Tauri .	1	66	6	50. 4	51. 37	73	54	18. 0	7. 91
48 ν Eridani .	4	66	34	59. 4	44. 81	93	46	19. 6	7. 92
52 υ² Eridani .	3	66	56	43. 0	35. 01	120	58	50. 0	7. 86
53 Eridani . .	4	67	15	22. 9	40. 86	104	42	15. 1	7. 63
54 Eridani . .	4	67	55	28. 2	39. 37	110	3	52. 2	7. 48
α Caeli scul. .	4.5	68	31	52. 6	29. 08	132	15	10. 0	7. 34
Camelopard. .	4.5	68	34	2. 5	87. 95	24	1	11. 0	7. 33
1 Orionis . .	4	69	44	54 3	48. 76	83	24	0. 5	6. 87
3 Orionis . .	4	70	8	29. 5	47. 99	84	44	53. 8	7. 26
8 z Orionis .	4.5	70	57	31. 8	46. 74	87	53	53. 0	6. 55
3 ι Aurigae . .	4	70	59	46 8	58. 28	57	9	54. 0	6. 55
10 Camelopard.	4.5	71	25	20. 4	79. 15	29	52	14. 7	6. 39
7 ε Aurigae .	4	71	54	37. 5	64. 15	46	29	20. 5	6. 23
8 ζ Aurigae .	4	72	7	51. 0	62. 50	49	13	56. 9	6. 16
102 ι Tauri .	4.5	72	47	15. 9	53. 51	68	42	32. 5	5. 88
10 η Aurigae .	4	73	7	39. 6	62. 80	49	3	8. 5	5. 70
2 ε Leporis .	4	74	14	54. 0	37. 98	112	38	55. 0	5. 45
67 β Eridani .	3	74	30	20 8	43. 93	95	21	22. 0	5. 25
69 λ Eridani .	4	74	53	40. 5	42. 97	99	1	16. 5	5. 23
13 α Aurigae .	1	75	29	0. 9	66. 12	44	13	22. 5	4. 59
3 ι Leporis .	4.5	75	44	33. 0	41. 86	102	7	11. 0	4. 94
19 β Orionis .	1	76	13	57. 4	43. 10	98	26	36. 4	4. 76
40 τ Orionis .	4	76	58	30. 0	43. 61	97	4	18. 0	4. 52
6 λ Leporis .	4.5	77	35	25. 8	41. 37	103	23	36. 8	4. 31

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
113 β Tauri .	2	78°	24′	51.″9	56.″65	61°	34′	34.″5	3.″83
24 γ Orionis .	2	78	36	8. 2	47. 99	83	50	38. 7	3. 93
28 η Orionis .	4.5	78	36	24. 0	45. 33	92	35	33. 9	3. 95
9 β Leporis .	4	79	55	11. 8	38. 46	110	55	42. 5	3. 44
34 δ Orionis .	2	80	26	53. 7	45. 76	90	27	32. 7	3. 38
37 φ′ Orionis .	4.5	80	57	39. 7	49. 29	80	39	31. 0	3. 15
11 α Leporis .	3.4	80	58	39. 7	39. 61	107	58	33. 3	3. 13
ε Columbae .	4	81	1	43. 5	31. 84	125	37	29. 0	3. 12
39 λ Orionis .	4	81	1	54. 0	49. 46	80	12	42. 8	3. 12
44 ι Orionis .	3.4	81	24	52. 0	43. 94	96	3	5. 6	3. 00
123 ζ Tauri .	3.4	81	25	22. 8	53. 56	68	59	35. 0	2. 95
46 ε Orionis .	2.3	81	13	2. 1	45. 43	91	20	29. 4	2. 90
48 σ Orionis .	4	82	10	37. 5	44. 88	92	43	36. 0	2 70
50 ζ Orionis .	3	82	40	4. 0	45. 20	92	3	36. 6	2. 48
α Columbae .	2	83	6	7. 2	32. 31	124	11	21. 0	2. 31
13 γ Leporis .	4	84	1	53. 1	37. 34	112	31	24. 0	1. 69
14 ζ Leporis .	4.5	84	28	23. 1	40 77	104	54	24 7	1. 93
53 κ Orionis .	3	84	34	4. 9	42. 54	99	45	4. 0	1. 90
136 Tauri . .	4.5	85	11	24. 0	56. 48	62	26	59. 6	1. 64
35 δ Aurigae .	3.4	85	45	57. 0	73. 83	35	45	2. 9	1. 06
β Columbae .	3	85	58	44. 7	31. 58	125	51	4. 0	1. 40
58 α Orionis .	1	86	5	12. 5	48. 59	82	38	35. 0	1. 42
34 β Aurigae .	2	86	12	52. 9	65. 97	45	5	24. 7	1. 38
37 θ Aurigae .	4	86	31	14. 5	61. 34	52	49	0. 0	1. 18
16 η Leporis .	4	86	49	26. 7	40. 97	104	12	50. 5	1. 11
γ Columbae .	4	87	36	43. 5	31. 84	125	18	47. 0	0. 84
67 ν Orionis .	4.5	89	2	15. 0	51. 33	75	13	13. 0	0. 34
18 θ Leporis .	4 5	89	16	35. 7	40. 69	104	55	44. 0	0. 25
2 Lyncis . .	4 5	90	29	25. 2	79. 51	30	56	16. 7	0. 17
44 κ Aurigae .	4	90	39	22. 9	57. 12	60	26	37. 7	0. 58
7 η Geminorum	4.5	90	42	1. 2	54. 26	67	26	57. 5	0. 29
5 Monocerotis	4.5	91	16	30. 0	43. 85	96	13	27. 0	0. 45
κ Columbae .	4.5	92	21	36. 0	31. 96	125	4	54. 0	0. 83
13 μ Geminorum	3	92	42	49. 9	54. 51	67	23	51. 5	1. 11
1 ζ Can. maj.	3	93	9	34. 5	34. 28	119	59	4. 0	1. 35
2 β Can maj.	2.3	93	28	23. 1	39. 54	107	52	5. 0	1. 27
3 λ Can. maj.	4	93	42	3. 0	32. 52	123	20	38. 5	1. 32
24 γ Geminor.	3	96	32	16. 9	52. 02	73	26	35. 4	2. 36
27 ε Geminor.	3	97	54	16. 3	55. 41	64	41	6. 0	2. 76
υ Navis . .	3	97	54	40. 5	27. 49	133	1	41. 0	2. 76

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension	Jährl. Aenderung +	Poldistanz	Jährl. Aenderung —
31 ξ^2 Geminor.	4	98° 30′ 35.″2	50.″52	76° 54′ 3.″5	3.″17
9 α Can. maj.	1	99 4 59. 2	39. 68	106 27 6. 2	4. 31
13 κ^2 Canis .	4	100 35 34. 5	33. 48	122 17 9. 5	3. 65
16 o^1 Canis .	4	101 27 30. 7	37. 21	113 56 37. 0	3. 99
20 ι Canis . .	4.5	101 48 15. 0	40. 11	106 48 17. 0	4. 10
Camelopard. .	4.5	102 2 27. 9	200.24	7 15 8. 0	4. 19
21 ε Can. maj.	2.3	102 41 28. 9	35. 27	118 42 30. 3	4. 34
43 ζ Geminor.	4	103 3 33. 9	53. 48	69 9 0. 0	4. 58
22 σ Canis .	3.4	103 26 18. 1	25. 77	117 39 27. 4	4. 66
24 o^2 Canis .	4	103 40 5. 4	37. 53	113 33 2. 0	4. 72
23 γ Can. maj.	4	103 40 36. 3	40. 69	105 20 51. 0	4. 78
25 δ Can. maj.	3.4	105 3 53. 5	36. 51	116 5 5. 2	5. 11
22 Monocerotis	4.5	105 24 44. 2	45. 98	90 10 23. 0	5. 33
27 E^1 Canis .	4.5	106 31 32. 2	36. 69	116 0 59. 5	5. 73
54 λ Geminor.	4.5	106 38 51. 9	51. 78	73 6 41. 0	5. 79
55 δ Geminor.	3.4	107 2 27. 6	53. 86	67 39 45. 7	5. 83
π Navis . .	3.4	107 31 1. 5	31. 75	126 44 46. 7	6. 04
60 ι Geminor.	4	108 19 18. 0	55. 98	61 49 3. 6	6. 39
31 η Can. maj	3	109 2 42. 6	35. 44	118 55 18. 0	6. 55
3 β Can. min.	3	109 4 24. 4	48. 88	81 19 8. 0	6. 52
66 α Gem. praec.	3.4	110 27 7. 2	57. 77	57 41 15. 0	7. 11
— — — seq.	3	110 27 13. 0	57. 77	57 41 15. 0	7. 11
σ Navis . . .	4	110 43 10. 5	28. 17	132 54 10. 5	6. 80
10 α Can. min.	1.2	112 12 21. 7	47. 19	84 16 21. 5	8. 56
26 Monocerotis	4.5	112 55 21. 0	43. 08	99 5 39. 7	7. 81
77 κ Geminor.	4	113 5 15. 0	54. 43	65 8 7. 3	7. 89
78 β Geminor	2	113 15 49. 6	55. 33	61 30 13. 2	8. 03
C Navis . .	4	114 32 1. 5	32. 04	127 29 27. 0	8. 33
7 ξ Argo. Navis	4	115 13 15. 0	37. 75	114 22 0. 0	8. 55
P Navis . .	4.5	115 47 13. 5	27. 40	135 52 32. 0	8. 73
ζ Argo. Navis .	3	119 8 19. 5	31. 62	129 26 46. 8	9. 77
15 1 Argo. Navis	3.4	119 45 20. 8	38. 17	113 44 8. 7	9. 87
17 β Cancri .	4	121 24 49. 6	48. 86	80 12 30. 0	10. 48
Q Navis . .	4.5	122 46 8. 4	33. 76	126 2 45. 5	10. 86
10 Urs. maj. .	4.5	123 22 45. 0	76. 43	28 37 46. 0	11. 08
4 δ Hydrae .	4	126 45 49. 5	47. 84	83 36 28. 3	12. 01
47 δ Cancri .	4.5	128 19 27. 4	51. 32	71 7 13. 5	12. 65
α Pixidis Naut.	4.5	128 53 25. 0	36. 10	122 28 22. 2	12. 60
11 ε Hydrae .	4	129 2 34. 5	47. 99	82 51 26. 0	12. 64
16 ζ Hydrae .	4	131 12 13. 8	47. 95	83 18 5. 9	13. 70

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
9 ι Urs. maj.	3.4	131°	21′	37.″5	62.″20	41°	11′	2.″5	13.″58
12 κ Urs. maj.	4.5	132	28	36.0	62.44	42	3	51.0	13.85
λ Navis . .	3.4	135	9	45.7	32.98	132	37	48.0	14.17
22 θ Hydrae .	4.5	135	59	14.2	46.92	86	50	59.5	14.80
38 Lyncis .	4	136	35	16.0	56.95	52	21	37.2	14.77
40 Lyncis .	4.5	137	12	28.5	55.36	54	46	13.7	14.86
23 h Ursae .	4	138	53	52.5	72.90	26	4	30.0	15.16
30 α Hydrae .	2	139	26	20.2	44.10	97	47	54.5	15.29
25 θ Ursae .	3	139	50	52.8	61.15	37	25	14.6	15.94
4 λ Leonis .	4.5	140	4	16.5	51.73	66	9	27.5	15.39
ψ Navis . .	4.5	140	42	28.8	35.54	129	35	50.0	15.53
14 ο Leonis .	4	142	36	53.7	48.14	79	12	16.6	15.98
17 ε Leonis .	3	143	37	2.2	51.48	65	18	42.0	16.13
29 ν Urs. maj.	4.5	144	9	41.1	65.76	30	1	48.7	16.58
24 μ Leonis .	3	145	20	21.3	51.45	63	3	28.6	16.57
29 π Leonis .	4.5	147	24	28.8	47.63	81	0	7.5	16.92
30 η Leonis .	3.4	149	6	7.5	49.28	72	16	5.0	17.24
32 α Leonis .	1	149	25	33.4	48.10	77	3	38.0	17.28
41 λ Hydrae .	4.5	150	12	33.0	43.68	101	22	14.0	17.47
33 λ Urs maj. .	3.4	151	14	38.1	55.33	46	5	35.5	17.64
36 ζ Leonis .	4.5	151	23	5.1	50.32	65	35	28.5	17.64
q Navis . . .	4	151	35	25.0	37.70	131	8	0.0	17.65
41 γ Leonis .	2	152	13	50.7	49.95	69	9	7.8	17.95
34 μ Urs. maj.	3	152	35	22.3	54.21	47	30	0.0	17.78
r Navis . . .	4.5	153	26	35.4	38.34	130	38	48.1	17.95
30 Leon. min. .	4.5	153	36	0.7	51.96	55	11	25.0	18.05
31 Leon. min. .	4.5	154	3	54.0	52.83	52	16	23.0	18.05
42 μ Hydrae .	4	154	6	18.0	43.35	105	49	9.2	18.12
α Antl. Pneum.	4.5	154	30	15.9	41.04	120	3	12.2	18.10
47 ρ Leonis .	4	155	34	0.9	47.41	79	40	5.5	18.27
37 Leon. min.	4	156	51	24.0	51.13	56	59	20.7	18.44
42 Leon. min.	4.5	158	40	33.3	50.54	58	16	5.0	18.69
4 ν Hydrae . .	4	159	56	26.7	44.24	105	8	59.8	18.65
46 Leon. min. .	4.5	160	31	18.5	50.77	54	42	38.7	18.92
54 Leonis . .	4.5	161	11	20.1	49.17	64	11	11.1	18.99
48 β Urs. maj.	2	162	25	9.0	55.66	32	32	55.5	19.07
7 α Hyd. et Crat.	4	162	30	33.0	43.58	107	14	11.2	19.08
50 α Urs. maj.	1.2	162	48	52.2	57.35	27	10	21.6	19.17
63 χ Leonis .	4.5	163	40	20.1	46.35	81	35	6.0	19.25
52 ψ Ursae .	3.4	164	35	30.0	51.40	44	25	7.2	19.41

Tafel XXVI.

Namen.	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
11 β Crateris	4	165°	27′	34.″5	44.″08	11°	44′	9.″0	19.″53
68 δ Leonis .	3	165	51	43. 5	48. 16	68	22	56. 0	19. 57
70 θ Leonis .	3	165	55	54. 1	47. 33	73	28	45. 0	19. 52
53 ξ Urs. maj.	4	166	52	10. 0	48. 44	57	20	52. 6	20. 18
54 γ Urs. maj.	4	166	54	26. 1	49. 10	55	48	58. 0	19. 49
12 δ Crateris .	3.4	167	20	15. 0	44. 78	103	41	48. 6	19. 64
77 σ Leonis .	4	167	42	14. 4	46. 41	82	52	35. 5	19. 65
78 ι Leonis .	4	168	22	18. 0	46. 87	78	22	12. 5	19. 68
15 χ Crateris .	4	168	43	29. 5	44. 58	106	35	12. 5	19. 66
84 τ Leonis .	4	169	24	42. 1	46. 27	86	2	35. 5	19. 74
1 λ Draconis .	3.4	169	50	27. 0	55. 85	19	34	0. 3	19. 84
87 E Leonis .	4.5	170	1	29. 1	45. 90	91	54	4. 0	19. 78
19 ξ Hydrae .	4	170	47	46. 5	43. 71	120	45	8. 5	19. 92
21 θ Crateris .	4	171	38	6. 3	45. 45	98	41	47. 0	19. 80
91 υ Leonis .	4.5	171	40	37. 0	46. 00	89	43	13. 0	19. 80
27 ζ Crateris .	4	173	39	35. 1	45. 29	107	14	21. 5	20. 03
63 χ Urs. maj.	4	173	51	22. 5	48. 14	41	6	43. 4	20. 02
3 ν Virginis .	4.5	173	58	35. 1	46. 25	82	21	1. 0	20. 13
93 Leonis . .	4	174	24	45. 9	46. 80	68	40	11. 0	19. 97
94 β Leonis .	2.3	174	42	42. 0	46. 03	74	18	35. 3	20. 06
5 β Virginis .	3 4	175	4	7. 8	46. 89	87	6	30. 0	20. 29
28 β Hydrae .	4	175	42	35. 5	44. 87	122	47	44. 0	20. 14
63 γ Urs. maj.	2	175	48	37. 2	48. 18	45	11	37. 0	20. 04
9 ο Virginis .	4.5	178	45	13. 5	45. 92	80	9	19. 5	20. 03
1 α Corvi . .	4.5	179	31	50. 1	46. 03	113	36	44. 7	19. 90
2 ε Corvi . .	4	179	57	52. 5	46. 03	111	30	25. 0	20. 16
69 δ Urs. maj.	3	181	21	46. 0	45. 22	31	51	19. 8	20. 14
4 γ Corvi . .	3	181	23	3. 3	45. 86	106	25	47. 0	20. 00
15 η Virginis .	3.4	182	25	10 2	45. 98	90	33	13. 0	20. 09
16 α Berenices .	4.5	184	14	26. 7	45. 25	62	3	53. 0	20. 01
μ Centauri . .	4	184	26	53. 4	47. 25	127	55	46. 0	20. 00
7 δ Corvi . .	3	184	52	59. 4	46. 44	105	23	58. 6	20. 19
8 η Corvi . .	4.5	185	26	45. 0	46. 13	105	5	9. 0	20. 10
9 β Corvi . .	2.3	185	58	35. 1	46. 90	112	17	19. 5	19. 95
8 Can. ven. .	4.5	186	3	15. 0	43. 08	37	33	10. 5	19. 62
5 κ Draconis .	3.4	186	12	49. 0	39. 27	19	6	27. 3	20. 13
23 k Berenices	4.5	186	12	59. 5	45. 08	66	16	1. 5	19. 95
29 γ¹ Virginis .	4	187	52	57. 0	45. 34	90	20	59. 0	19. 78
γ² Virginis . .	4	187	52	59. 1	45. 29	90	21	2. 0	19. 79
77 ε Urs. maj. .	3	191	17	43. 2	40. 22	32	57	7. 5	19. 78

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension	Jährl. Aenderung +	Poldistanz	Jährl. Aenderung —
43 δ Virginis .	3.4	191° 22′ 57.″9	45.″08	85° 30′ 43.″8	19.″69
12 Can. venat.	2.3	191 39 42.3	42. 42	50 35 55.0	19. 61
36 Berenices .	4.5	192 15 20.4	44. 62	71 30 28.8	19. 61
47 ε Virginis .	3.4	193 3 17.4	44. 70	77 57 43.3	19. 48
41 Comae Beren.	4	194 23 29.2	43. 31	61 17 53.0	19. 44
1 ψ Hydrae .	4.5	194 34 36.0	48. 00	112 2 40.2	19. 51
51 θ Virginis .	4.5	194 54 7.0	46. 29	94 28 2.4	19. 44
42 Berenices .	4.5	195 3 46.0	43. 84	71 24 32.3	19. 22
61 Virginis . .	4.5	196 59 25.5	46. 55	107 11 40.0	20. 27
2 γ Hydrae . .	4.5	197 1 9.0	48. 57	112 6 41.0	19. 29
ι Centauri . .	3	197 21 2.5	50. 33	125 39 8.0	19. 15
67 α Virginis .	1	198 40 6.3	47. 09	100 6 44.0	19. 04
79 ζ Urs. maj. .	3	198 57 27.0	36. 30	34 1 34.2	18. 99
Variab. Hydr. .	..	199 42 13.0	48. 81	112 14 31.8	18. 89
D Centauri .	4	199 52 33.0	51. 44	128 22 5.5	18. 87
79 ζ Virginis .	4	201 7 41.1	45. 58	89 34 4.4	18. 64
ν Centauri . .	4	204 23 34.5	53. 16	130 41 1.0	18. 27
μ Centauri . .	4	204 24 32.1	53. 37	131 28 11.5	18. 27
85 η Urs. maj.	2.3	204 54 33.7	35. 35	39 41 0.8	18. 20
5 υ Bootis . .	4	204 57 24.6	43. 48	73 12 13.8	18. 19
3 k Cent. praec.	4.5	205 5 1.5	51. 43	121 59 42.0	18. 30
ζ Centauri . .	3	205 47 10.0	55. 17	136 17 44.0	18. 07
8 η Bootis . .	3	206 17 22.5	42. 81	70 35 38.0	18. 39
10 i Draconis .	4.5	206 23 39.0	25. 95	24 17 8.0	18. 14
93 τ Virginis .	4.7	207 52 10.0	45. 63	87 28 50.3	17. 74
5 θ Centauri .	2	208 44 31.8	52. 26	125 22 41.0	17. 99
5 π Hydrae .	4.5	208 45 16.0	50. 77	115 42 41.0	17. 77
11 α Draconis .	3.4	209 44 36.6	24. 21	24 39 52.3	17. 33
98 κ Virginis .	4	210 33 40.8	47. 54	99 20 8.0	17. 15
99 ι Virginis .	4	211 23 7.8	46. 95	95 2 20.0	17. 60
16 α Bootis .	1	211 38 6.6	40. 99	69 46 11.7	19 04
ι Lupi . . .	4.5	211 40 0.1	56. 62	135 7 30.0	17. 03
100 λ Virginis	4	212 4 36.7	48. 31	102 26 33.0	16. 93
19 λ Bootis .	4	212 11 31.0	34. 02	42 59 16.0	16. 71
21 ι Bootis . .	4.5	212 16 4.8	31. 84	37 42 19.0	16. 99
23 θ Bootis .	4	214 35 41.4	30. 24	37 13 12.0	17. 06
η Centauri . .	3	215 43 4.0	56. 32	131 16 9.0	16. 29
25 ρ Bootis .	4	215 48 7.0	38. 85	58 44 40.0	16. 18
24 γ Bootis .	3.4	216 0 14.1	36. 29	50 48 37.7	16. 08
29 π Bootis .	3.4	217 49 52.2	42. 21	72 42 59.6	15. 85

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
30 ζ Bootis .	3.4	217°	53′	59.″4	42.″83	75°	24′	20.″0	15.″80
107 μ Virginis	4.5	218	8	2. 1	47. 19	94	46	48. 0	16. 12
34 Bootis . .	4.5	218	39	22. 9	39. 55	62	36	53. 5	15. 67
35 ο Bootis . .	4.5	218	58	37. 5	41. 97	72	10	52. 7	15. 70
109 Virginis .	4	219	2	10. 0	45. 43	87	15	19. 6	15. 59
36 ε Bootis .	3	219	3	43. 2	39. 57	62	4	31. 5	15. 62
9 α² Librae .	3	219	57	34. 0	49. 34	105	12	4. 0	15. 46
37 ξ Bootis .	3.4	220	32	28. 0	41. 54	70	3	42. 4	15. 43
β Lupi . . .	3.4	221	22	28. 5	58. 17	132	18	58. 0	15. 27
χ Centauri .	3	221	33	13. 0	57. 73	131	17	27. 0	15. 02
19 δ Librae .	4.5	222	34	33. 0	47. 89	97	42	55. 8	14. 77
7 β Urs. min. .	3	222	51	40. 0	—5.10	15	1	39. 6	14. 89
20 γ Librae .	3.4	223	5	55. 5	52. 14	114	29	6. 5	14. 73
42 β Bootis .	3	223	36	8. 1	33. 73	48	48	49. 0	14. 55
2 δ Lupi . .	4.5	226	25	30. 0	54. 24	119	24	6. 5	13. 90
27 β Librae .	2.3	226	33	55. 0	47. 95	98	38	4. 7	13. 87
49 δ Bootis .	3.4	226	51	32. 4	36. 24	55	55	52. 0	13. 79
ε Lupi . . .	4.5	227	17	28. 0	60. 25	133	57	20. 5	13. 61
51 μ Bootis .	4	229	13	59. 1	33. 83	51	54	48. 8	12. 94
3 β Cor. bor. .	4	229	53	45. 0	37. 25	60	11	47. 0	12. 78
12 ι Draconis .	3	230	7	25. 0	19. 72	30	19	46. 0	12. 71
13 γ Urs. min.	3.4	230	17	10. 8	—3.05	17	27	16. 0	12. 82
γ Lupi . . .	4	230	28	3. 0	59. 25	130	28	49. 0	12. 77
37 Librae . .	4	230	48	57. 0	48. 93	99	22	5. 5	12. 98
38 γ Librae .	4.5	231	5	25. 5	50. 11	104	6	38. 0	12. 57
4 θ Cor bor. .	4.5	231	12	59. 4	36. 25	57	57	37. 0	12. 57
13 δ Serpentis	3	231	18	48. 0	42. 87	78	46	58. 0	12. 47
5 α Cor. bor. .	2	231	33	17. 7	37. 80	62	36	12. 0	12. 58
40 Librae . .	4.5	231	36	7. 0	54. 90	119	6	25. 4	12. 54
44 η Librae .	4.5	233	12	34. 5	50. 11	105	1	24. 8	12. 15
24 α Serpentis	2.3	233	36	22. 2	43. 94	82	56	6. 3	11. 86
27 λ Serpentis	4.5	234	11	9. 7	43. 76	82	0	38. 8	11. 74
28 β Serpentis	3.4	234	14	23. 4	41. 35	73	56	30. 8	11. 68
λ Lupi . . .	4.5	234	34	19. 5	56. 66	123	0	16. 2	11. 63
32 μ Serpentis	3.4	234	47	56. 1	46. 80	92	48	24. 1	11. 57
35 κ Serpentis	4	234	56	5. 4	40. 40	71	13	52. 0	11. 63
ε Serpentis .	3	235	12	48. 6	44. 69	84	54	35. 6	11. 46
10 δ Cor. bor.	4.5	235	18	7. 0	37. 75	63	18	36. 2	11. 42
46 θ Librae .	4.5	235	36	54. 0	50. 93	106	7	47. 7	11. 22
5 ρ Scorpii .	4	236	8	30. 0	55. 14	118	37	0. 7	11. 35

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung −
6 π Scorpii .	3.4	236°	41′	42.″6	54.″15	115°	31′	30.″8	11.″21
41 γ Serpentis	3	236	48	20. 1	41. 47	73	40	32. 2	12. 29
7 δ Scorpii .	3	237	7	59. 4	52. 86	112	2	20. 5	10. 99
13 ε Cor. bor.	4.5	237	19	39. 0	37. 18	62	32	3. 0	10. 88
16 ζ Urs. min.	4	237	52	37. 0	—36. 76	11	35	52. 0	10. 81
51 Librae .	4.5	238	20	48. 0	49. 07	100	48	32. 9	10. 63
θ Lupi . .	4	238	22	26. 4	58. 56	126	14	37. 0	10. 52
44 π Serpentis	4.5	238	25	13. 5	38. 50	66	37	50. 5	10. 42
8 β Scorpii .	2	238	27	27. 6	52. 04	109	14	42. 0	10. 60
9 ω^1 Scorpii	4.5	238	46	58. 0	52. 26	110	6	51. 4	10. 53
10 ω^2 Scorpii	4.5	238	55	26. 4	52. 27	110	18	52. 5	10. 48
13 θ Draconis	3.4	239	32	19. 0	17. 14	30	53	47. 4	9. 87
14 ν Scorpii	4	240	5	54. 3	51. 94	108	55	42. 3	10. 08
1 δ Ophiuchi	3	240	58	7. 5	46. 86	93	10	3. 0	9. 82
2 ε Ophiuchi	3	241	56	15. 6	47. 49	94	11	33. 5	9. 41
20 σ Scorpii	4	242	15	49. 8	54. 30	115	5	55. 8	9. 38
20 γ Herculis	3.4	243	16	31. 0	39. 61	70	22	0. 5	8. 93
22 τ Herculis	4	243	26	2. 1	26. 94	43	12	21. 0	8. 97
21 α Scorpii	1	244	17	32. 2	54. 80	115	58	26. 0	8. 80
8 φ Ophiuchi	4.5	244	55	37. 0	51. 35	106	9	47. 6	8. 57
10 λ Ophiuchi	4	245	12	28. 5	45. 24	87	33	58. 7	8. 47
14 η Draconis	3	245	19	27. 0	11. 80	28	1	49. 0	8. 43
27 β Herculis	2.3	245	24	20. 7	38. 47	68	3	53. 5	8. 39
29 h Herculis	4.5	245	48	48. 0	41. 90	78	4	17. 6	8. 28
23 τ Scorpii	3.4	245	51	50. 4	55. 65	117	47	10. 5	8. 37
13 ζ Ophiuchi	3.4	246	32	22. 7	49. 49	100	8	56. 3	7. 89
35 σ Herculis	4	246	54	52. 0	28. 61	47	8	34. 5	7. 84
15 A Draconis	4.5	247	6	30. 0	—2. 62	20	47	57. 0	7. 80
40 ζ Herculis	3	248	26	10. 5	33. 71	58	1	33. 5	6. 90
44 η Herculis	3	249	0	34. 0	30. 46	50	41	21. 5	7. 28
26 ε Scorpii	3	249	18	32. 2	58. 01	123	54	53. 0	5. 27
μ^1 Scorpii .	3.4	249	35	16. 0	60. 57	127	41	15. 0	7. 00
μ^2 Scorpii .	4	249	42	17. 7	60. 56	127	39	35. 4	7. 96
25 ι Ophiuchi	4	251	8	16. 0	42. 52	79	29	35. 0	6. 49
27 ϰ Ophiuchi	4	252	3	7. 0	42. 48	80	18	8. 8	6. 10
58 ε Herculis	3	253	9	34. 5	34. 22	58	46	11. 6	5. 76
η Scorpii .	4	254	27	50. 4	64. 04	132	57	27. 0	5. 38
35 η Ophiuchi	2.3	254	43	48. 6	51. 36	105	27	46. 0	5. 20
21 μ Draconis	4	255	18	0. 0	18. 39	35	15	40. 8	4. 93
36 A Ophiuchi	4.5	255	46	3. 0	55. 06	116	17	37. 2	6. 18

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension	Jährl. Aenderung +	Poldistanz	Jährl. Aenderung —
64 α Herculis	3.4	256° 22′ 57.″1	40.″84	75° 22′ 12.″3	4.″60
41 Ophiuchi	4.5	256 35 18. 0	46. 35	90 12 25. 8	4. 69
65 δ Herculis	4	256 42 13. 2	36. 70	64 54 52. 6	4. 76
22 ε Urs. min.	4	256 43 55. 0	—98. 43	7 39 24. 6	4. 61
67 π Herculis	3.4	257 1 16. 5	31. 28	52 57 25. 6	4. 51
22 ζ Draconis	3	257 3 28. 0	1. 88	24 2 17. 7	4. 45
40 ρ Ophiuchi	4.5	257 15 22. 0	53. 65	110 53 1. 0	4. 50
53 ν Serpentis	4.5	257 23 51. 6	50. 68	102 37 47. 0	4. 30
42 θ Ophiuchi	3.4	257 26 5. 4	55. 00	114 47 4. 0	4. 44
68 u Herculis	4	257 29 10. 5	33. 20	56 40 32. 0	4. 35
69 e Herculis	4.5	257 41 37. 0	30. 99	52 29 22. 5	4. 28
49 σ Ophiuchi	4.5	259 8 56. 4	44. 55	85 40 24. 5	3. 68
75 ρ Herculis	4	259 11 44. 1	31. 00	52 39 38. 7	3. 76
34 υ Scorpii	3.4	259 17 46. 0	61. 02	127 7 7. 4	3. 73
35 λ Scorpii	3	260 0 39. 6	60. 82	126 56 26. 6	3. 50
67 λ Herculis	4.5	260 39 54. 0	36. 22	63 43 44. 5	3. 25
55 α Ophiuchi	2	261 24 48. 6	41. 65	77 16 57. 0	3. 18
23 β Draconis	2	261 28 45. 6	19. 95	37 32 41. 3	2. 97
κ Scorpii	3	262 9 58. 8	62. 08	128 54 34 0	2. 74
56 ο Serpentis	4.5	262 32 42. 0	50. 54	102 45 14. 8	2. 59
60 β Ophiuchi	3	263 23 55. 5	44. 35	85 20 11. 9	2. 09
i¹ Scorpii	4.5	263 24 3. 0	62. 78	130 1 52. 5	2. 31
85 ρ Herculis	4	263 27 12. 0	25. 31	43 52 48. 5	2. 31
γ Telescopii	4	264 3 46. 5	61. 06	126 57 42. 0	2. 08
62 γ Ophiuchi	4	264 28 1. 5	45. 08	87 12 17. 0	2. 04
86 μ Herculis	4	264 39 28. 5	35. 20	62 9 11. 2	2. 71
64 ν Ophiuchi	4	267 0 16. 0	49. 48	99 44 3. 5	1. 05
91 θ Herculis	4	267 20 54. 0	30. 61	52 42 51. 9	0. 87
92 ξ Herculis	4	267 29 55. 5	34. 80	69 43 13. 3	0. 88
32 ξ Draconis	3.4	267 31 1. 0	15. 28	33 5 31. 0	0. 57
67 ο Ophiuchi	4	267 39 26. 1	45. 00	87 2 44. 0	0. 82
33 γ Draconis	2	267 59 26. 4	20. 51	38 28 55. 5	0. 77
10 γ² Sagittarii	4	268 14 30. 0	57. 77	120 24 35. 5	0. 77
10 p Ophiuchi	4.5	268 50 18. 0	45. 44	87 26 28. 5	1. 58
72 s² Ophiuchi	4	269 28 1. 0	42. 67	80 27 7. 7	0. 19
103 ο Herculis	4	269 56 8. 1	35. 03	61 15 18. 4	0. 02
13 μ¹ Sagittarii	3.4	270 27 3. 1	53. 70	111 5 45. 7	0. 07
β Telescopii	4	271 1 28. 5	60. 86	126 48 14. 7	0. 29
19 δ Sagittarii	3.4	272 2 50. 4	57. 67	119 53 50. 5	0. 62
20 ε Sagittarii	3	272 43 27. 0	59. 64	124 27 40. 7	0. 87

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
58 η Serpentis	4	272°	44′	28.″0	46.″40	92°	56′	16.″5	0.″28
α Telescopii	4.5	273	2	6. 0	66. 82	136	3	32. 0	1. 05
1 κ Lyrae .	4.5	273	12	50. 4	31. 49	54	1	0. 7	1. 12
22 λ Sagittarii	4	273	54	24. 3	55. 49	115	31	1. 0	1. 12
44 χ Draconis	4 5	276	9	39. 0	—16. 06	17	21	26. 7	1. 82
3 α Lyrae .	1	277	32	29. 4	30. 44	51	23	39. 2	2. 88
27 φ Sagittarii	4.5	278	17	23. 4	56. 35	117	10	50. 5	2. 84
23 δ Urs. min.	3	279	8	46. 0	—284.68	3	26	17. 5	3. 19
10 β Lyrae .	3	280	40	24. 6	33. 04	56	51	36. 8	3. 46
34 σ Sagittarii	3	280	42	52. 0	55. 82	116	31	47. 2	3. 63
43 θ¹ Serpentis	4.5	281	34	9. 6	44. 72	86	2	39. 5	4. 34
38 ζ Sagittarii	3.4	282	28	9. 6	57. 24	120	9	1. 6	4. 32
13 ε Aquilae	3.4	282	38	7. 0	40. 69	75	11	30. 7	4. 31
14 γ Lyrae .	3	282	51	53. 1	33. 69	57	34	32. 2	4. 38
39 ο Sagittarii	4.5	283	10	22. 8	53. 91	112	1	9. 6	4. 54
40 τ Sagittarii	4	283	36	38. 1	56. 22	117	56	51. 0	4. 43
16 λ Antinoi	3	283	54	26. 4	47. 73	95	10	9. 8	4. 81
17 ζ Aquilae	3	284	3	15. 0	41. 26	76	25	18. 5	4. 76
41 π Sagittarii	4.5	284	27	56. 2	53. 55	111	19	38. 0	4. 87
β¹ Sagittarii	4	287	3	30. 0	65. 14	134	49	0. 0	5. 81
β² Sagittarii	4	287	11	18. 0	65. 69	135	9	30. 0	5. 82
α Sagittarii	4.5	287	30	3. 0	62. 72	130	58	30. 3	5. 97
57 δ Draconis	3	288	6	58. 0	0. 50	22	41	24. 3	6. 26
1 κ Cygni .	4	288	7	5. 1	20. 75	36	59	43. 0	6. 38
30 δ Aquilae	3.4	288	51	10. 0	45. 31	87	16	19. 0	6. 58
60 τ Draconis	4.5	289	49	37. 5	—15. 62	17	1	12. 0	6. 80
58 π Draconis	4	289	54	8. 1	4. 96	24	40	8. 8	6. 83
Lucida Anseris	4	290	5	42. 0	37. 24	65	43	49. 3	6. 78
6 β¹ Cygni .	3	290	39	49. 5	36. 18	62	27	3. 7	7. 13
38 μ Aquilae	4.5	291	4	43. 5	44. 01	83	2	3. 3	7. 09
52 h² Sagittarii	4.5	291	7	48. 6	54. 92	115	18	39. 2	7. 23
39 k Antinoi .	4	291	31	53. 5	48. 58	97	27	34. 7	7. 28
13 θ Cygni .	4	292	46	4. 8	24. 11	40	14	8. 1	8. 11
5 α Sagittae	4	292	47	18. 6	40. 08	72	26	7. 4	7. 78
12 φ Cygni	4	292	52	12. 6	35. 44	60	17	54. 6	7. 90
50 γ Aquilae	3	294	11	14. 4	42. 83	79	51	48. 6	8. 26
7 δ Sagittae	4	294	36	59. 1	40. 10	71	56	58 3	8. 36
18 δ Cygni .	3.4	294	40	49. 0	27. 91	45	20	59. 4	8. 49
53 α Aquilae	1.2	295	15	20. 5	43. 89	81	38	54. 8	8. 94
Sagit. 1624C.A.	4.5	295	21	27. 4	62. 58	132	22	40. 4	8. 59

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
55 η Aquilae .	4	295°	34′	9.″0	45.″78	89°	29′	44.″8	8.68
60 β Aquilae	3.4	296	22	18.0	44.15	84	4	54.8	8.37
12 γ Sagittae	4.5	297	27	54.0	39.96	71	2	25.0	9.53
62 c Sagittarii	4.5	297	35	4.0	55.50	118	15	6.8	9.30
65 θ Antinoi	3.4	300	14	41.7	46.38	91	24	12.7	10.17
5 α¹ Capricorni	4	301	38	15.9	49.97	103	6	51.5	10.44
6 α² Capricorni	3	301	44	12.6	50.07	103	9	10.2	10.80
31 o¹ Cygni	4	301	49	59.1	28.27	43	51	31.2	10.76
23 Vulpeculae	4.5	301	52	14.1	37.28	62	47	26.0	10.59
33 Cygni .	4.5	302	10	58.5	20.90	34	2	22.2	10.69
32 Cygni	4.5	302	19	22.0	27.79	42	53	39.5	10.73
9 β Capricorni	3.4	302	26	25.0	50.67	105	24	3.6	10.68
37 γ Cygni .	3	303	45	44.5	32.19	50	22	35.2	11.18
1 κ Cephei .	4.5	303	49	39.0	—27.53	12	53	52.0	11.17
41 i Cygni .	4.5	305	18	23.5	36.66	60	17	26.2	11.62
2 ε Delphini .	4	305	54	49.5	42.98	79	21	59.0	11.77
6 β Delphini	4	307	2	31.5	42.19	76	5	24.0	12.17
9 α Delphini	3.4	307	35	12.4	41.62	74	47	2.5	12.34
16 ψ Capricorni	4.5	308	33	31.3	53.70	115	58	41.1	12.25
50 α Cygni .	1	308	39	12.3	30.52	45	25	40.2	12.53
2 ε Aquarii .	4.5	309	12	34.8	48.83	100	13	1.5	12.74
3 Aquarii	4	309	17	35.5	47.60	95	44	58.7	12.71
12 γ Delph. seq.	4	309	20	50.4	41.76	74	35	14.0	12.72
α Microscopii	4.5	309	21	28.0	56.71	124	30	26.8	12.72
53 ε Cygni .	3	309	31	47.4	36.32	56	46	14.0	13.17
3 η Cephei .	3.4	310	17	51.0	18.56	28	56	3.7	13.79
6 μ Aquarii	4.5	310	27	49.5	48.67	99	43	22.6	12.96
32 q Vulpeculae	4.5	311	30	33.0	38.24	62	41	41.4	13.32
58 ν Cygni .	4	312	25	46.9	33.45	49	35	45.8	13.69
62 ξ Cygni	4	314	24	50.1	32.61	46	51	51.0	14.03
64 ζ Cygni	3	316	6	23.5	38.11	60	35	10.5	14.38
7 δ Equulei .	4.5	316	11	4.0	43.87	80	47	41.7	14.19
8 α Equulei	4.5	316	27	19.3	44.90	85	34	14.0	14.56
67 σ Cygni .	4.5	317	23	22.5	35.21	51	26	16.8	14.77
66 υ Cygni	4.5	317	25	22.5	36.73	55	56	9.6	14.73
1 e Pegasi .	4	318	12	33.7	41.60	71	2	37.3	15.01
5 α Cephei .	3	318	26	49.5	21.55	28	15	31.2	14.94
34 ζ Capricorni	4	318	48	19.0	51.46	113	16	4.5	14.80
22 β Aquarii	3	320	15	17.7	47.43	96	26	33.0	15.28
8 β Cephei .	3	321	30	14.2	12.14	20	18	57.2	15.67

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
40 γ Capricorni	4	322°	14′	51.″0	50.″08	107°	33′	26.″2	15.″76
9 ι Pisc. aust. .	4.5	323	14	55. 0	54. 10	123	55	45. 8	16. 16
8 ε Pegasi . .	2.3	323	35	25. 0	44. 27	81	2	4. 7	16. 15
80 π' Cygni .	4.5	323	45	2. 4	31. 60	39	43	6. 3	16. 14
9 g Pegasi .	4.5	323	45	40. 0	42. 61	73	33	38. 0	16. 21
10 κ Pegasi .	4	323	53	57. 0	40. 59	65	16	2. 7	16. 21
49 δ Capricorni	3.4	323	59	46. 5	49. 89	107	1	36. 2	15. 97
11 Cephei . .	4.5	324	43	51. 0	13. 57	19	36	29. 4	16. 34
10 Cephei .	4.5	324	55	4. 0	25. 90	29	47	55. 8	16. 42
γ Gruis . .	4	325	26	31. 5	55. 03	128	17	47. 2	16. 49
34 α Aquarii .	3	328	52	36. 0	46. 15	91	17	6. 1	17. 13
33 ι Aquarii .	4.5	328	54	20. 4	48. 77	104	49	55. 0	17. 10
24 ι Pegasi .	4	329	25	39. 0	41. 75	65	37	32. 0	17. 33
26 θ Pegasi .	4	330	1	39. 0	44. 86	84	46	47. 2	17. 49
29 π Pegasi .	4	330	16	48. 6	39. 77	57	47	52. 3	17. 42
21 ζ Cephei .	4	330	58	52. 0	30. 79	32	46	52. 7	17. 43
43 θ Aquarii .	4.5	331	34	1. 5	47. 47	98	46	23. 0	17. 46
23 ε Cephei .	4.5	331	55	17. 1	32. 01	33	57	0. 5	17. 70
48 γ Aquarii .	4	332	49	48. 3	46. 31	92	23	20. 4	17. 90
31 Pegasi . .	4.5	332	55	9. 0	44. 36	78	47	47. 2	17. 91
3 Lacertae .	4	333	55	40. 0	35. 06	38	46	9. 4	18. 02
δ' Gruis . .	4	334	18	52. 0	54. 59	134	30	39. 9	18. 08
51 ζ Aquarii .	4	334	37	56. 1	46. 10	91	2	17. 6	17. 99
17 β Pisc. aust.	4	335	1	31. 0	51. 65	123	21	56. 7	18. 18
27 δ Cephei .	4.5	335	26	24. 9	32. 90	32	36	18. 3	18. 10
7 Lacertae .	4	335	46	8. 7	36. 13	40	44	31. 0	18. 30
62 η Aquarii .	4	336	16	7. 5	46. 04	91	8	33. 8	18. 24
18 ε Pisc. aust.	4	337	23	30. 0	50. 20	118	4	52. 5	18. 54
42 ζ Pegasi .	3	337	52	21. 7	44. 82	80	12	28. 0	18. 53
44 η Pegasi .	3	338	24	36. 7	41. 89	60	49	13. 5	18. 54
47 λ Pegasi .	4.5	339	13	44. 4	43. 30	67	28	54. 2	18. 91
48 μ Pegasi .	4	340	5	22. 2	43. 06	66	27	2. 9	18. 87
73 λ Aquarii .	4	340	32	34. 5	46. 91	98	38	22. 6	18. 88
32 ι Cephei .	4	340	38	49. 5	31. 44	24	50	57. 1	18. 82
76 δ Aquarii .	3	341	0	19. 0	47. 85	106	52	47. 7	18. 85
24 α Pisc. Aust.	1	341	38	32. 1	50. 12	120	40	41. 3	18. 78
1 ο Andromedae	4	343	11	7. 5	40. 88	48	44	46. 0	19. 18
53 β Pegasi .	2	343	31	25. 0	43. 38	62	59	54. 8	19. 44
k Argo. Navis	2	343	42	5. 4	44. 64	75	52	2. 9	19. 19
56 Pegasi . .	4.5	344	20	48. 0	43. 60	65	36	27. 6	19. 32

Tafel XXVI.

Namen	Grösse	Rectascension			Jährl. Aenderung +	Poldistanz			Jährl. Aenderung —
88 c² Aquarii .	4.5	344°41′		28.″5	48.″22	112°	15′	14.″6	19.″35
6 γ Piscium .	4.5	346	41	58. 5	46. 68	87	48	27. 2	19. 53
16 λ Andromedae	4.5	351	57	11. 1	43. 46	44	37	25. 1	19. 45
17 ι Piscium .	4.5	352	25	1. 0	46. 13	85	27	22. 2	19. 34
35 γ Cephei .	3	352	48	38. 2	35. 33	13	29	1. 0	19. 80
28 ω Piscium .	4.5	357	15	43. 8	46. 00	84	14	37. 0	19. 86
30 Piscium .	4.5	357	55	28. 0	46. 03	97	7	30. 5	19. 95
2 g Ceti . .	4	358	22	16. 5	46. 47	108	26	54. 3	20. 02
21 α Andromedae	1	359	31	6. 6	46. 09	62	0	51. 0	19. 85
11 β Cassiopeiae	2.3	359	38	43. 8	46. 66	31	57	14. 5	19. 81

Tafel XXVII.

Fundamentalsterne nach Bessels Beobachtungen.

Für den Anfang des Jahres 1827.

Gestirn	Mittlere Rectascension	Jährliche Bewegung	Seculäre Änderung
γ Pegasi	0^h 4′ 20.″217	3.″079	0.″010
α Cassiopeiae . .	0 30 44. 090	3. 327	. . . .
α Arietis	1 57 26. 332	3. 567	0. 020
α Ceti	2 53 14. 659	3. 123	0. 010
α Persei	3 12 0. 650	4. 220	. . . .
α Tauri	4 26 0. 125	3. 430	0. 011
α Aurigae	5 3 55. 351	4. 414	0. 018
β Orionis	5 6 13. 588	2. 878	0. 004
β Tauri	5 15 21. 699	3. 786	0. 009
α Orionis	5 45 48. 454	3. 245	0. 003
α Can. maj.	6 37 31. 336	2. 644	0. 000
α Gemin. med. . .	7 23 32. 534	3. 843	—0. 012
α Can. min.	7 30 14. 466	3. 147	—0. 004
β Geminor. . . .	7 34 43. 015	3. 685	—0. 012
α Hydrae	9 19 5. 049	2. 947	—0. 001
α Leonis	9 59 8. 962	3. 205	—0. 010
α Urs. maj.	10 52 58. 380	3. 840	. . . .
β Leonis	11 40 13. 710	3. 067	—0. 008
β Virginis	11 41 40. 992	3. 124	—0. 001
γ Urs. maj.	11 44 41. 220	3. 290	. . . .
α Virginis	13 16 5. 410	3. 146	0. 011
η Urs. maj.	13 40 42. 260	2. 370	. . . .
α Bootis	14 7 46. 376	2. 732	0. 001
1. α Librae	14 41 7. 968	3. 300	0. 016
2. α Librae	14 41 19. 342	3. 302	0. 015
β Urs. min.	14 51 18. 180	—0. 305	. . . .
α Cor. bor.	15 27 21. 895	2. 536	0. 002
α Serpentis	15 35 45. 143	2. 949	0. 006
α Scorpii	16 18 48. 840	3. 662	0. 016
α Herculis	17 6 45. 747	2. 731	0. 004

Tafel XXVII.

Gestirn	Mittlere Poldistanz	Jährliche Bewegung	Seculäre Änderung
γ Pegasi	75° 46′ 43.″ 58	—20.″ 03	0.″ 02
α Cassiopeiae	34 24 46. 69	—19. 84	. . . .
α Arietis	67 21 36. 23	—17. 35	0. 25
α Ceti	86 35 40. 89	—14. 49	0. 32
α Persei	40 45 43. 26	—13. 435	. . . .
α Tauri	73 50 47. 86	—7. 85	0. 46
α Aurigae	44 11 19. 53	—4. 48	0. 63
β Orionis	98 24 31. 59	—4. 66	0. 41
β Tauri	61 32 53. 62	—3. 71	0. 54
α Orionis	82 38 0. 44	—1. 27	0. 47
α Can. maj.	106 29 8. 53	4. 48	0. 38
α Gemin. med.	57 44 29. 28	7. 19	0. 53
α Can. min.	84 20 20. 84	8. 74	0. 42
β Geminor.	61 33 51. 07	8. 09	0. 49
α Hydrae	97 54 48. 59	15. 27	0. 27
α Leonis	77 11 27. 59	17. 31	0. 23
α Urs. maj.	27 19 2. 13	19. 29	. . . .
β Leonis	74 27 40. 54	20. 08	0. 04
β Virginis	87 15 39. 21	20. 29	0. 03
γ Urs. maj.	35 20 38. 12	20. 04	. . . .
α Virginis	100 15 20. 88	19. 03	—0. 15
η Urs. maj.	39 49 11. 22	18. 15	. . . .
α Bootis	69 54 47. 63	19. 01	—0. 22
1 α Librae	105 16 21. 10	15. 40	—0. 31
2 α Librae	105 19 2. 67	15. 37	—0. 31
β Urs. min.	15 8 19. 66	14. 82	. . . .
α Cor. bor.	62 41 52. 94	12. 48	—0. 30
α Serpentis	83 1 27. 70	11. 79	—0. 35
α Scorpii	116 2 32. 54	8. 65	—0. 48
α Herculis	75 24 21. 85	4. 61	—0. 39

Tafel XXVII.

Gestirn	Mittlere Rectascension	Jährliche Eewegung	Seculäre Änderung
α Ophiuchi . . .	17h 26′ 54.″372	2.″777	0.″003
γ Draconis . . .	17 52 35. 230	1. 388	. . . .
α Lyrae	18 31 4. 891	2. 030	0. 002
γ Aquilae . . .	19 38 2. 081	2. 855	—0. 001
α —	19 42 20. 494	2. 929	—0. 001
β —	19 46 48. 925	2. 950	—0. 001
1 α Capricorni . .	20 8 3. 161	3. 333	—0. 008
2 α — — . .	20 8 27. 002	3. 337	—0. 008
α Cygni	20 35 32. 171	2. 041	—0. 002
α Cephei	21 14 25. 960	1. 431	. . . .
β —	21 26 22. 670	0. 802	. . . .
α Aquarii . . .	21 56 53. 749	3. 084	—0. 004
α Pisc. aust. . .	22 48 4. 292	3. 240	—0. 022
α Pegasi	22 56 8. 935	2. 981	—0. 005
α Andromedae . .	23 59 27. 670	3. 078	—0. 018

Tafel XXVII.

Gestirn	Mittlere Poldistanz	Jährliche Bewegung	Seculäre Änderung
α Ophiuchi . . .	77° 18′ 26.″ 21	3. 12	—0. 40
γ Draconis . . .	38 29 15. 23	0. 71	. . . .
α Lyrae	51 22 21. 50	—2. 96	—0. 29
γ Aquilae . . .	79 48 8. 03	—8. 29	—0. 38
a —	81 34 56. 30	—9. 00	—0. 38
β —	84 1 9. 74	— 8. 49	—0. 37
1 α Capricorni . .	103 2 11. 52	—10. 58	—0. 41
2 α — — . .	103 4 29. 23	—10. 61	—0. 41
α Cygni	45 20 3. 59	—12. 56	—0. 23
α Cephei	28 8 47. 11	—14. 98	. . . .
β —	20 11 56. 34	—15. 59	. . . .
α Aquarii	91 9 25. 12	—17. 19	—0. 23
α Pisc. aust. . .	120 32 16. 83	—18. 84	—0. 15
α Pegasi	75 43 26. 14	—19. 26	—0. 12
α Andromedae . .	61 51 54. 07	—19. 91	0. 00

Tafel XXVIII.

Verzeichniss der vorzüglichsten Doppelsterne.

Nr.	Gestirn	Rectasc. 1826		Poldist. 1826		Distanz △	Position P	Grössen der Sterne
1	35 Piscium .	0^h	6′	82°	9′	11″	61° S. F.	6.8
2	38 Piscium .	0	8	82	7	5	32 S. V.	7.8
3	Anonymus . .	0	10	74	58	2	- - -	8.8
4	51 Piscium .	0	23	84	1	26	7 N. F.	6.9
5	π Andromedae	0	27	57	17	36	86 S. F.	- -
6	α Cassiop. . .	0	31	34	25	53	- - -	3.10
7	η Cassiop. .	0	38	33	7	9	8 N. F. 1821	4. 9
8	65 Pisc. . .	0	40	63	13	6	26 N. V. 1822	7. 7
9	Anonymus . .	0	42	22	9	3	55 S. V.	8. 8
10	26 Ceti . . .	0	54	89	34	16	15 S. V.	7.10
11	α Ursae min. .	1	0	1	37	19	61 S. V. 1823	2.11
12	42 Ceti . .	1	11	91	25	2	- - -	6. 7
13	100 Piscium .	1	25	78	20	16	9 N. F.	7. 8
14	Anonymus .	1	34	29	28	6	- - -	8. 9
15	γ Arietis . .	1	44	71	33	10	89 N. V.	5. 5′
16	292 (Bode) Ceti	1	51	113	48	9	36 N. V. 1822	8. 9
17	α Piscium .	1	53	88	4	5	66 N. V.	2. 4
18	γ Andromedae	1	53	48	30	11	25 N. F.	3. 5
19	ι Trianguli .	2	2	60	31	4	12 N. F.	5. 6
20	Mira Ceti . .	2	10	93	48	113	1 N. F.	- -
21	Anonymus .	2	21	32	20	2	- - -	8. 8
22	η Persei . .	2	38	34	50	30	31 N. V.	4. 8
23	π Arietis . .	2	39	73	15	3	32 S. F.	4. 9
24	ε Arietis . .	2	49	69	23	2	83 S. V.	7. 7
25	Atlas Pleiad. .	3	39	66	30	0	- - -	5.
26	32 Eridani .	3	45	93	27	8	79 N. V.	4. 6
27	ε Persei . .	3	46	50	30	8	80 N. F.	3. 9
28	μ Persei . .	4	2	42	3	91	39 S. V.	- -

Tafel XXVIII.

Nr.	Gestirn	Rectasc. 1826	Poldist. 1826	Distanz Δ	Position P	Grössen der Sterne
29	χ Tauri . .	4h 12′	64° 47′	20″	66° N. F.	5. 9
30	62 Tauri . .	4 13	66 8	29	20 N. V.	6. 8
31	ι Camelopardi	4 18	36 29	10	36 N. V.	5. 6
32	m Persei . .	4 21	47 21	110	71 S. V.	- -
33	Anonymus .	4 35	85 2	2	- - -	8. 8
34	ω Aurigae . .	4 47	52 22	8	82 N. V.	4. 8
35	26 (Bode) Orion.	4 49	75 45	39	- - -	7.8.15.
36	Anonymus .	4 55	93 6	2	- - -	8. 9
37	β Orionis . .	5 6	98 25	9	69 S. V.	1.10
38	Anonymus .	5 13	92 11	2	- - -	8. 8
39	32 Orionis .	5 21	84 12	1	67 S. V.	5. 6
40	117 Tauri . .	5 22	73 5	10	52 S. F.	6. 6
41	n Orionis . .	5 22	86 51	2	66 N. F.	6. 8
42	θ Orionis . .	5 27	95 32	—	- - -	- -
43	σ Orionis . .	5 30	92 43	—	- - -	- -
44	ζ Orionis . .	5 32	92 4	2	60 S. F. 1822	2. 7
45	Anonymus .	5 54	71 41	2	- - -	8. 9
46	Anonymus .	5 58	41 16	9	83 N. V.	7. 8
47	Anonymus .	6 13	72 21	2	- - -	8. 9
48	8 Monocerotis	6 14	85 19	14	65 N. F.	6. 8
49	11 Monocerotis	6 20	96 55	ab = 7 bc = 3	39 S. F. 11 S. F.	7. 8. 9. 10
50	ν Canis maj. .	6 29	108 31	17	10 S. V.	- -
51	12 Lyncis . .	6 30	30 23	ac = 10 ab = 3	- - -	6. 7
52	38 Geminorum	6 44	76 36	5	84 S. F.	6. 8
53	ζ Geminorum	6 53	69 10	91	85 N. V.	- -
54	19 Lyncis .	7 8	34 25	ab = 14 ac = 213	- - -	5. 6
55	δ Geminorum	7 9	67 43	7	75 S. V.	3.13
56	Anonymus .	7 17	40 26	2	- - -	8.10

Tafel XXVIII.

Nr.	Gestirn	Rectasc. 1826		Poldist. 1826		Distanz △	Position P	Grössen der Sterne
57	Castor . . .	7ʰ	23′	57°	45′	5″	5° S. V.	3. 4
							1823	
58	31 (Bode) Canis minoris	7	31	84	17	—	37 S. F.	- -
59	201 Geminorum	7	38	71	14	6	0 S. V.	6. 9
							1823	
60	Anonymus .	7	50	75	50	2	- - -	8. 8
61	ζ Cancri . .	8	2	71	50	6	68 S. F.	5. 6
62	Anonymus .	8	2	59	56	2	- - -	8. 9
63	24 υ Cancri .	8	16	64	55	6	52 N. F.	7. 8
							1822	
64	φ² Cancri . .	8	16	62	30	5	58 S. V.	6. 6
65	18 Hydrae .	8	26	82	46	11	66 N. F.	6. 8
							1823	
66	Anonymus .	8	39	18	33	9	59 S. V.	8. 8
67	ι² Cancri . .	8	43	58	45	2	70 N. V.	6. 7
68	17 Hydrae .	8	47	97	18	6	86 N. V.	7. 8
[illegible]	Urs. maj. . .	8	59	27	38	25	64 N. F.	6. 7
70	38 Lyncis .	9	7	52	28	3	28 S. V.	4. 7
71	ω Leonis . .	9	19	80	10	3	- - -	6. 7
72	τ Hydrae . .	9	20	92	0	66	86 N. F.	- -
73	Anonymus .	9	30	50	16	2	- - -	7. 8
74	Anonymus .	9	40	72	38	1	- - -	8.10
75	Anonymus .	9	54	81	28	2	- - -	9.10
76	Anonymus .	10	3	18	5	17	75 S. F.	7. 8
77	γ Leonis . .	10	10	69	16	3	9 S. F.	2. 4
78	Leonis . . .	10	14	83	22	60	60 N. V.	7.12
79	178 Leonis .	10	24	65	45	4	- - -	7. 9
80	35 Sextantis .	10	34	84	20	8	33 S. V.	7. 8
81	54 Leonis .	10	46	64	18	7	8 S. F.	5. 7
82	Anonymus .	11	6	36	18	13	76 N. V.	7. 8
83	ξ Urs. maj. .	11	9	57	30	3	11.5 S. V.	5. 6
							1823	
84	88 Leonis .	11	23	74	40	15	50 N. V.	6.10

Tafel XXVIII.

Nr.	Gestirn	Rectasc. 1826		Poldist. 1826		Distanz △	Position P		Grösse der Sterne
85	90 Leonis .	11h	25′	72°	14′	5″	61°	S. V.	6. 7
						59	36	S. V.	
86	ξ Virginis .	11	39	80	45	—	-	- -	- -
87	65 Urs. maj.	11	46	42	33	2	54	N. F.	7. 7. 11
						60	22	S. F.	
88	2 Com. Beren.	11	55	67	34	4	31	S. V.	7. 7
89	2 Can. Venat.	12	7	48	24	11	10	S. V.	6. 8
90	Anonymus . .	12	9	92	57	21	73	S. V.	6. 7
91	Com. Beren. .	12	12	62	55	9	24	S. V.	- -
92	17 Virginis .	12	13	83	41	22	69	N. V.	7.12
93	δ Corvi . .	12	21	105	30	24	56	S. V.	4. 9
94	24 Com. Ber.	12	26	70	39	21	2	N. V.	5. 6
95	γ Virginis . .	12	33	90	29	3	13	S. F. (1822)	3. 3
96	35 Com. Ber.	12	44	67	49	29	38	S. F.	5. 8
97	Anonymus . .	12	46	93	53	7	60	S. F.	7
98	Anonymus . .	12	47	77	31	29	74	S. V.	6.
99	12 Canis. Venat.	12	48	50	44	20	43	S. V.	3. 7
100	Anonymus . .	12	48	34	58	4	15	N. V.	8.10
101	Anonymus . .	12	54	78	35	2	-	- -	8. 9
102	θ Virginis . .	13	1	94	36	ab=8	ab=77	NV	4.11
							ac=24	NV	
103	ζ Ursae maj. .	13	17	34	9	14	58	S. F. (1822)	3. 4
104	81 Virginis .	13	28	96	56	4	47	N. F.	8. 8
105	ο Virginis. .	13	34	85	33	4	40	S. V.	- -
106	Anonymus .	13	41	62	11	6	70	S. F.	8. 8
107	η Bootis . .	13	46	70	41	126	29	S. F.	- -
108	τ Virginis .	13	52	87	34	79	20	N. V.	4. 9
109	κ Bootis . .	14	7	37	23	13	31	S. V	5. 8
110	Anonymus .	14	14	80	47	7	83	S. V.	6. 8
111	π Bootis . .	14	32	72	49	7	8°	S. F.	5. 6
112	ζ Bootis . .	14	33	75	31	2	37	S. F.	6. 6

Tafel XXVIII.

Nr.	Gestirn	Rectasc. 1826		Poldist. 1826		Distanz △	Position P	Grösse der Sterne
113	Anonymus . .	14h	36′	81°	35′	7″	4° S. F.	8. 9
114	ε Bootis . .	14	37	62	11	4	53 N. V.	3. 6
115	ξ Bootis . .	14	43	70	11	9	71 N. V. (1823)	5. 8
116	39 Bootis . .	14	44	40	34	5	45 S. F. (1823)	6. 7
117	44 Bootis . .	14	58	41	38	2	41 S. V.	5. 6
118	Anonymus . .	15	10	78	59	13	84 S. F.	7. 8
119	η Cor. bor .	15	16	59	4	1	64 N. F.	5. 6
120	Bootis . . .	15	18	52	1	1	64 N. V. (1823)	- -
121	μ Bootis . .	15	18	51	59	104	82 S. F.	- -
122	δ Serpentis .	15	26	78	53	3	71 S. V. (1821)	4. 5
123	ζ Cor. bor. .	15	33	52	49	7	31 N. V.	7. 7
124	γ Cor. bor. .	15	35	63	8	2	- - -	4. 7
125	π' Ursae min.	15	40	8	59	31	7 N. F.	6. 7
126	Anonymus . .	15	47	91	38	7	55 N. V.	8. 9
127	Anonymus . .	15	54	100	53	11	11 S. F.	8. 8
128	ξ Librae . .	15	54	100	52	7	12 N. F (1823)	4. 8
129	β Scorpii . .	15	55	109	18	14	63 N.F.	- -
130	κ Herculis . .	16	0	72	29	31	80 N.F.	5. 6
131	49 Serpentis .	16	4	76	1	4	42 N.V.	6. 7
132	σ Cor. bor. .	16	8	55	40	1	18 N.F. (1823)	5. 7
133	υ Cor. bor. .	16	10	60	24	ab = 89 ac = 126	66 N. F. 35 N F.	7.12.13
134	σ Scorpii . .	16	10	115	9	21	1 N.V.	5.10
135	γ Herculis .	16	14	70	25	38	26 S. V.	4.15
136	Herculis . .	16	21	71	11	3	19 S. F.	8. 8

Tafel XXVIII.

Nr.	Gestirn	Rectasc. 1826	Poldist. 1826	Distanz Δ	Position P	Grösse der Sterne
137	λ Ophiuchi. .	16h 22′	87° 38′	0.7″	- - -	4. 7
138	17. Dracon. .	16 32	36 45	ab= 4	25° S.F.	3.5.6
				ac=90	74 S.V.	
139	ζ Herculis .	16 35	58 5	1	- - -	3. 7
140	43 Herculis .	16 37	81 5	80	39 S.V.	- -
141	η Herculis .	16 37	50 45	2	- - -	4. 8
142	167 Herculis .	16 45	61 3	2	- - -	6. 8
143	μ Dracon. . .	17 3	35 18	4	61 S.V.	5. 5
					1821	
144	36 Ophiuchi .	17 4	116 18	5	43 S.V.	6. 6
145	α Herculis .	17 6	75 24	5	30 S. F.	3. 7
146	δ Herculis .	17 8	64 57	28	82 S. F.	- -
147	ρ Herculis . .	17 17	52 39	4	38 N.V.	4. 5
148	Anonymus .	17 27	85 44	2	- - -	8. 9
149	Anonymus .	17 36	48 15	2	- - -	8. 8
150	Anonymus .	17 52	59 56	20	9 N.V.	6. 8
151	τ Ophiuchi .	17 53	98 10	—	- - -	- -
152	95 Herculis .	17 54	68 25	7	8 N.F.	5. 5
153	70 p. Ophiuchi	17 56	87 27	4	65 S. F.	7. 8
					1822	
154	Anonymus .	17 57	78 0	7	12 S.V.	7. 7
155	73 q. Ophiuchi	18 1	86 2	2	12 S.V.	5. 7
156	15 Scuti Sob.	18 11	98 2	2	- - -	7. 9
157	59 α Serpent.	18 18	89 55	4	48 N.V.	6. 9
					1823	
158	39 Dracon .	18 21	31 18	ab=3	86 N.F.	5.6.10
				ac=90	68 N.F.	
159	Anonymus .	18 30	48 49	6	70 N.V.	7. 7
160	α Lyrae . .	18 31	51 23	42	42 S.F.	- -
161	ε Lyrae . .	18 38	50 30	4	64 N.F.	4. 6
162	ζ Lyrae . .	18 38	52 35	44	60 S.F.	3. 4
163	β Lyrae . . .	18 43	56 55	ab=46	ab=60S.F.	a. . . 2
						b. . . 8
						c. . . 9
						d. . . 10
164	θ Serpentis .	18 48	86 2	22	14 S.F.	4. 4

Tafel XXVIII.

Nr.	Gestirn	Rectasc. 1826		Poldist. 1826		Distanz △	Position P		Grösse der Sterne
165	Anonymus .	18h	58′	83°	7′	8″	68°	N.V.	7. 7
166	η Lyrae . .	19	8	51	8	29	6	N.F.	4.10
167	θ Lyrae . .	19	10	52	11	101	18	N.F	4.11
168	Anonymus .	19	21	53	50	7	23	N.F.	9. 9
169	β Cygni . .	19	24	62	25	34	35	N.F.	4. 6
170	Anonymus .	19	32	68	10	2	-	- -	7. 7
171	δ Cygni . .	19	39	45	17	2	-	- -	3. 8
172	χ Cygni . .	19	40	56	39	25	17	N.F.	5. 8
173	π Aquilae . .	19	41	78	37	2	45	S.F.	6. 7
174	ζ Sagittae .	19	41	71	17	8	45	N.V.	6. 8
175	α Aquilae . .	19	42	81	36	153	55	N.V.	- -
176	57 Aquilae .	19	45	98	41	36	81	S.F.	6. 6
177	ψ Cygni . .	19	51	38	2	4	88	S.V.	5.10
							1823		
178	Anonymus .	19	59	54	42	37	62	N.F.	- -
179	Anonymus .	20	6	94	2	14	37	S.V.	7. 8
180	Anonymus .	20	14	35	9	4	70	N.V.	5. 8
181	κ Cephei . .	20	15	12	51	8	38	S.F.	5.10
182	ρ Capricorni .	20	20	108	24	4	86	S.F.	5.10
183	49 Cygni . .	20	34	58	20	3	-	- -	6. 8
184	γ Delphini . .	20	38	74	31	12	4	N.V.	5. 6
185	Anonymus .	20	48	77	42	2	-	- -	7. 8
186	61 Cygni . .	20	59	52	6	15	5	N.F.	6. 7
187	Anonymus .	21	20	79	39	2	-	- -	6. 6
188	β Cephei . .	21	26	20	13	13	20	S.V.	3. 8
189	μ Cygni . .	21	36	62	1	6	23	S.F.	5. 6
190	Anonymus .	21	46	35	0	20	76	S.V.	6. 6
191	ξ Cephei . .	21	58	26	14	5	23	N.V.	5. 7
192	Anonymus .	22	7	20	44	15	16	S.V.	7.10

Tafel XXVIII.

Nr.	Gestirn	Rectasc. 1826		Poldist. 1826		Distanz △	Position P	Grösse der Sterne
193	53 Aquarii .	22h	17′	107°	39′	10″	3° N. V.	6. 6
194	ζ Aquarii . .	22	20	90	55	5	89 S. V.	4. 4
195	8 Lacertae .	22	28	51	16	ab=23	ab=86 S V.	6. 6. 14
						ac=82	ac=55 S. F.	
196	231 Aquarii .	22	39	95	9	ab= 4	24 S. V.	9.10.12
						ac=57	57 S. F.	
197	Anonymus .	22	50	28	3	2	- - -	8. 8
198	Anonymus .	22	59	58	7	9	58 S. F.	7.10
199	Anonymus .	23	10	104	36	15	76 N. V.	6.10
200	287 Cephei .	23	21	16	49	2	- - -	7. 8
201	107 Aquarii .	23	37	109	41	5	54 S. F.	7. 8
202	σ Cassiop. . .	23	50	35	12	3	58 N. V.	6.10
203	37 Androm. .	23	51	57	13	5	82 S. V.	6. 6

Anmerkungen.

Nr. 1. G. weiss, K. blau, mit Beleuchtung.
» 2. Fein, schwer zu sehen.
» 4. K. röthlich.
» 5. Sehr ungleich, ohne Beleuchtung.
» 7. G. roth, K. grün. d P = 0.° 513. Periode nahe 700 Jahre.
» 8. Schönes Bild. d P = 0.° 117.
» 10. G. weiss, K. blaugrün. Schwer zu sehen, ohne Beleuchtung.
» 11. P scheint abzunehmen.
» 13. Schwach, P scheint constant.
» 14. 3 Dopp. beynahe in gerader Linie.
» 15. Beyde bläulich mit Beleuchtung.
» 16. P scheint zuzunehmen.
» 17. Schönes Bild, P scheint constant.
» 18. Sehr schönes Bild, G. orange, K. smaragdgrün. P. nimmt ab.
» 19. Sehr schönes Bild, mit Beleuchtung. P. wächst.
» 20. G. veränderlich, K. äusserst klein mit Beleuchtung. △ wächst.
» 22. G. roth, K. dunkelblau. P wächst. Mit Beleuchtung. Die Farben deutlich ausgesprochen.
» 23. In der Entfernung von 25″ von dem G. ist ein sehr schwer zu sehender Stern, nahe in derselben Linie mit den zwey ersten.

Nr. 24. Ungemein nahe, vielleicht 0.″05. Beyde gelblich. Sehr schwer zu erkennen.
» 25. Schwer zu erkennen.
» 26. G. strohfarb, K. blau. △ scheint zu wachsen.
» 27. G. weiss, K. bläulich, schön und scharf begränzt, △ wächst.
» 28. G. orangenroth.
» 29. Schlecht begrenzt.
» 30. G. weiss, K. purpurroth, mehrere nahe Sterne im Felde.
» 31. G. gelb, K. blau, P und △ scheint sehr veränderlich.
» 32. △ ändert sich sehr stark. Beyde nahe gleich gross.
» 34. G. granatfarb. K. blau und schwach.
» 35. Dreyfach, einer gelb, einer blau, einer bläulich.
» 37. G. weiss, K. bläulich.
» 39. Schwer zu trennen. d P = — 0.°41.
» 40. Beyde weiss. △ nimmt ab.
» 41. G. weiss, K. blau.
» 42. Fünffach 4. 7. 7. 8. 12 im grossen Nebel. Der 5. im Trapez scheint neu, da er früher nicht gesehen wurde.
» 43. Nach Schröder 12-, nach Struve 16fach.
» 44. G. gelblich weiss, K. bläulich, scharf begrenzt. 1782 unsichtbar. △ sehr veränderlich.
» 48. G. gelb, K. purpurroth.
» 49. Vierfach, schönes Bild, der 4. steht weit ab.
» 50. G. röthlich, K. bläulich. P. veränderlich.
» 51. Dreyfach, der entfernteste blau. d P = — 0.°56.
» 52. G. weiss, K. bläulich.
» 53. G. gelb, K. aschfarb. P scheint zu wachsen.
» 54. Dreyfach.
» 55. G. weiss, K. blau, scharf begrenzt, schwer zu sehen.
» 57. d P = 0.°97, △ constant. Südlich vom Castor geht ein sehr kleiner Stern voraus, und ein anderer folgt.
» 58. K. der 10. Grösse. P wächst, schwer zu trennen.
» 59. G. weiss, K. blau.
» 61. Gut begrenzt. d P = — 0°.58, auch △ nimmt ab. Dreyfach.
» 63. d P = 0°.51.
» 65. G. gelblich, K. bläulich.
» 67. Schwer zu trennen.
» 68. Schönes Bild.
» 70. G. weiss, K. bläulich.
» 72. Ungleich gross, G. röthlichweiss, K. bläulich, P und △ scheint abzunehmen.
» 77. Beyde röthlich. Eigentlich vierfach. d P = 0.°30
» 78. Schwer zu sehen.
» 80. Schönes Bild.
» 81. G. gelblich, K. grün, schönes Bild, scharf begrenzt.
» 83. Einer der wichtigsten. d P ändert sich beynahe von Monat zu Monat. Herschel d. ä. erkannte 1781 zuerst seine schnelle Rotations-Periode von nahe 60 Jahren. Auch △ nimmt ab.
» 84. Mit Beleuchtung.
» 85. Dreyfach.

Nr. 86. Dreyfach.
» 87. Dreyfach.
» 88. Schön begrenzt.
» 89. G. roth, K. blau, K. mit Beleuchtung.
» 90. Deutlich begrenzt.
» 91. Beyde gleich gross, und weissblau.
» 92. Sein d P kommt bloss von der eigenen Bewegung.
» 93. Scharf begrenzt.
» 94. G. roth, K. grünlichblau, schönes Bild.
» 95. Schönes Bild, beyde weiss. △ nimmt ab, dp = 0°.67.
» 96. K. sehr schwach, schwer zu sehen.
» 97. G. weiss, K. blau.
» 98. G. weiss, K. blau, ohne Beleuchtung.
» 99. G. weiss, K. blau.
» 100. G. weiss, K. blau. Ein Miniatur von ε Bootis. Schwer zu sehen.
» 102. Dreyfach. Der K. nahe, ungemein fein, verträgt jedoch Beleuchtung, der entferntere aber nicht.
» 103. G. weiss, K. bläulich. P u. △ scheint constant.
» 104. P wächst langsam.
» 105. G. weiss, K. blau; P wächst, △ nimmt ab.
» 107. Der K. sehr schwach, ohne Beleuchtung.
» 108. Mit Beleuchtung.
» 109. Sehr fein. G. weiss, K. rothblau.
» 110. G. weiss, K. blau, mit Beleuchtung.
» 111. G. weiss, K. etwas blau.
» 112. Schwer zu trennen. Herschel sah ihn 1796. G. gelb, K. blaugrün.
» 113. Ohne Beleuchtung.
» 114. G. gelb, K. blaugrün. Schwer zu messen. d P = 0.°44.
» 115. d P gleichförmig und nahe 1°. Der K. scheint sich in einer geraden Linie zu bewegen. Auch △ wächst stark.
» 116. K. schwach. P nimmt ab.
» 117. P wächst stark.
» 119. P scheint zu wachsen; sehr schwer zu trennen.
» 120. Sehr schwer zu trennen. d P = 0.°58. Periode 622 Jahre.
» 121. Ungleich. Beyde weiss.
» 122. Beyde blau. d P = — 0.°73.
» 123. G. weiss, K. blau.
» 124. Sehr schwer zu trennen.
» 126. P nimmt ab, △ wächst.
» 128. Dreyfach. 4. 5. 8. P ändert sich stark.
» 129. G. weiss, K. blau.
» 130. G. weiss, K. röthlich.
» 131. Beyde weiss. dP = 0°.510.
» 132. P und dP ändert sich schnell, und △ nimmt stark ab.
» 133. Dreyfach.
» 135. G. weiss, K, blau, schwach, ohne Beleuchtung.
» 136. Gut begrenzt, mit Beleuchtung.
» 137. Seit Herschel nicht mehr doppelt gesehen bis 1825 von Struve. P ändert sich schnell.
» 138. Dreyfach.

Nr. 139. Vor mehreren Jahren noch einfach. P. ändert sich schnell.
» 140. G. stark roth, K. bläulich.
» 141. Sehr schwer zu trennen. Prüfstein eines guten Fernrohrs.
» 143. d P = 0.°57.
» 145. P scheint veränderlich.
» 146. P wächst, △ nimmt ab.
» 147. Schönes Bild. P wächst.
» 150. G. weiss, K. blau.
» 151. Nach Herschel d. ä. ungemein nahe; jetzt einfach, aber länglich.
» 153. G. weiss, K. gelb. Schönes Bild. P variirt stark und ungleich.
» 155. Schwer zu trennen. △ wächst.
» 157. G. weiss, K. blau, mit Beleuchtung. △ und P ändert sich.
» 158. d P = 0.°20.
» 160. K. sehr klein, ohne Beleuchtung.
» 161. Beyde weiss. P ändert sich. In der Nähe noch zwey Doppelsterne.
» 162. G. weiss, K. blau.
» 163. Vierfach. Ganz wie ζ Lyrae in P und △.
» 164. Beyde gelblich.
» 166. K. blau und mit Beleuchtung.
» 167. G. weiss, K. blau.
» 168. Beyde bläulich, ohne Beleuchtung.
» 169. G. gelb, K. blau, sehr scharf begrenzt.
» 171. Noch 1783 erschien er einfach, jetzt wieder doppelt.
» 172. G. weiss, K. grau, ohne Beleuchtung.
» 173. dP = 0°.31
» 174. G. weiss, K. blau, ohne Beleuchtung. P ändert sich stark.
» 178. Auf dieser Stelle sind 4 Doppelsterne nahe beysammen. Wenn der schönste oder nördlichste in den untern Theil des Feldes gebracht wird, so erscheinen alle vier im Rohr.
» 179. G. weiss, K. blau.
» 181. G. weiss. K. blau △ wächst.
» 182. G. weiss, K. blau. Schönes Bild.
» 183. Sehr schwer zu sehen. △ nimmt ab.
» 184. G. weiss, K. gelb.
» 186. Scharf begrenzt. mot. prop. in { Rectas. + 5.″38 / Pold. — 3.″30 }
» 188. G. weiss, K. blau.
» 189. G. weiss, K. blau.
» 190. G. weiss, K. blau.
» 192. G. weiss, K. blau.
» 194. d P = 0.°45.
» 195. Dreyfach. Die zwey G. weiss, K. blau.
» 196. Dreyfach.
» 198. G. weiss, K. blau.
» 199. G. röthlich, K. grün.
» 201. G. weiss, K. blau.
» 202. G. weiss, K. blau. Ein Miniatur von ε Bootis.
» 203. Schönes Bild.